

**BEST AVAILABLE COPY**  
**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 06-342764  
 (43)Date of publication of application : 13.12.1994

(51)Int.Cl. H01L 21/205  
 C23C 16/24  
 C23C 16/50  
 C23C 16/52  
 H01L 21/31

(21)Application number : 06-051776  
 (22)Date of filing : 23.03.1994

(71)Applicant : CANON INC  
 (72)Inventor : YAMAGAMI ATSUSHI  
 OKAMURA NOBUYUKI  
 TAKAGI SATOSHI

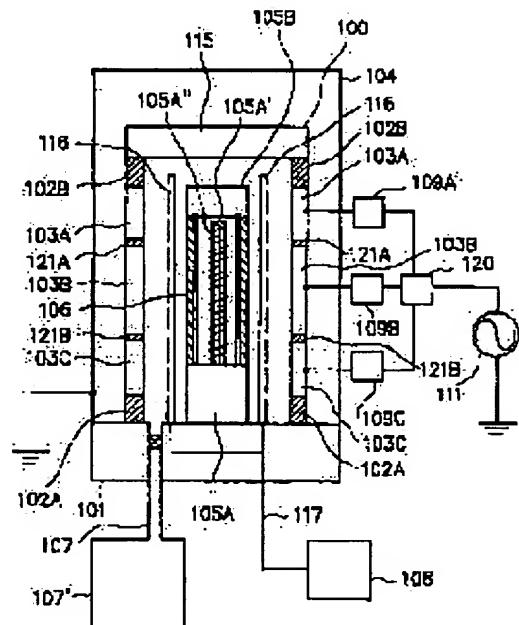
(30)Priority  
 Priority number : 05 63973 Priority date : 23.03.1993 Priority country : JP

**(54) PLASMA CVD METHOD AND DEVICE BY USE OF ULTRASHORT WAVE**

**(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To enable a deposit film to be formed at a high speed on the surface of a cylindrical base extremely uniform in thickness and quality along both an axial and a circumferential direction by a method wherein an electric energy of ultrashort wave is supplied to each of the split cathode electrodes.

**CONSTITUTION:** A cylindrical base 106 is set on a holder 105A, and then a reaction chamber 100 is reduced in pressure as required. Then, a current is fed to a heater 105A" to heat the base 106 at a prescribed temperature, material gas is introduced into the reaction chamber 100 from a material gas feed system 108, and the reaction chamber 100 is controlled in pressure as required. Then, an electric power of high frequencies 60 to 300MHz is generated by a high frequency power source 111, divided by a high frequency power distributor 120, and fed to cathode electrodes 103A to 103C through the intermediary of matching circuits 109A to 109C. By this setup, material gas is decomposed by a high frequency energy to generate active seeds in a space surrounded with the cylindrical base 106 and the cathodes 103A to 103C, whereby a deposit film is formed on the cylindrical base 106.



[Patent number] 3406936  
[Date of registration] 07.03.2003  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] Supply the material gas for membrane formation in the reaction container under reduced pressure, and the high-frequency power which the cathode electrode prepared in the perimeter of the pivotable cylindrical base arranged in said reaction container was made to generate in a VHF band RF generator is supplied through a RF electric power supply means. It is the VHF plasma-CVD method which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It is electrically divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base. The VHF plasma-CVD method characterized by the divided this cathode electrode being alike, respectively, and supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency through said RF electric power supply means, making the plasma occur and forming the deposition film in said reaction container.

[Claim 2] The ultrashort-wave energy per unit area of the cathode electrode supplied to said cathode electrode is a VHF plasma-CVD method according to claim 1 controlled to become almost equal about each electrode.

[Claim 3] Said ultrashort-wave energy is 0.001 W/cm<sup>2</sup> - 10 W/cm<sup>2</sup> per unit area of said cathode electrode. VHF plasma-CVD method according to claim 1 supplied in the range.

[Claim 4] The pressure in said reaction container at the time of forming said deposition film is a VHF plasma-CVD method according to claim 1 maintained by 5 or less Torrs.

[Claim 5] Said cylindrical base is a VHF plasma-CVD method according to claim 1 held at the temperature of 20 degrees C - 500 degrees C.

[Claim 6] Said deposition film is a VHF plasma-CVD method according to claim 1 which is the deposition film of a silicon system.

[Claim 7] Said deposition film is a VHF plasma-CVD method according to claim 6 which is for electrophotography photo conductors.

[Claim 8] Supply the material gas for membrane formation in the reaction container under reduced pressure, and the high-frequency power which the cathode electrode prepared in the perimeter of the pivotable cylindrical base arranged in said reaction container was made to generate in a VHF band RF generator is supplied through a RF electric power supply means. It is the VHF plasma-CVD method which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It has two or more nodes which each of the cathode electrode which is electrically divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base, and was this divided connects independently to a RF electric power supply means. The VHF plasma-CVD method characterized by supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency through the node of these plurality, making the plasma occur and forming the deposition film in said reaction container.

[Claim 9] The ultrashort-wave energy per unit area of the cathode electrode supplied to said cathode electrode is a VHF plasma-CVD method according to claim 8 controlled to become almost equal about each electrode.

[Claim 10] Said ultrashort-wave energy is 0.001 W/cm<sup>2</sup> - 10 W/cm<sup>2</sup> per unit area of said cathode electrode. VHF plasma-CVD method according to claim 8 supplied in the range.

[Claim 11] The pressure in said reaction container at the time of forming said deposition film is a VHF plasma-CVD method according to claim 8 maintained by 5 or less Torrs.

[Claim 12] Said cylindrical base is a VHF plasma-CVD method according to claim 8 held at the temperature of 20 degrees C - 500 degrees C.

[Claim 13] Said deposition film is a VHF plasma-CVD method according to claim 8 which is the deposition film of a silicon system.

[Claim 14] Said deposition film is a VHF plasma-CVD method according to claim 12 which is for electrophotography photo conductors.

[Claim 15] A material gas supply means to supply the material gas for deposition film formation in the reaction container which can be decompressed, and this reaction container, It has the cathode electrode and VHF band RF generator which were prepared so that the cylindrical base arranged on the pivotable base maintenance means allotted in said reaction container and said base maintenance means might be surrounded. The high-frequency power generated in said VHF band RF generator is supplied to said cathode electrode through a RF electric power supply means. It is plasma-CVD equipment which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode Plasma-CVD equipment characterized by each cathode electrode electrically divided and this divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base being alike, respectively, and supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency through said RF electric power supply means.

[Claim 16] Said divided cathode electrode is cylindrical plasma-CVD equipment according to claim 15.

[Claim 17] The die length of said divided cathode electrode is plasma-CVD equipment according to claim 15 which is 330mm or less.

[Claim 18] Said ultrashort-wave energy is plasma-CVD equipment according to claim 15 which is divided into plurality by the power distribution unit and supplied to said divided cathode electrode.

[Claim 19] A material gas supply means to supply the material gas for deposition film formation in the reaction container which can be decompressed, and this reaction container, It has the cathode electrode and VHF band RF generator which were prepared so that the cylindrical base arranged on the base maintenance means allotted in said reaction container and said base maintenance means might be surrounded. The high-frequency power generated in said VHF band RF generator is supplied to said cathode electrode through a RF electric power supply means. It is plasma-CVD equipment which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It has two or more nodes which each of each cathode electrode electrically divided and this divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base connects independently to a RF electric power supply means electrically. Plasma-CVD equipment characterized by supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency to each cathode electrode through the node of these plurality.

[Claim 20] Said node is plasma-CVD equipment according to claim 19 arranged on the location which becomes symmetrical centering on said cylindrical base.

[Claim 21] Said divided cathode electrode is cylindrical plasma-CVD equipment according to claim 19.

[Claim 22] Said divided cathode electrode is plasma-CVD equipment according to claim 21 whose height is 330mm or less.

[Claim 23] Said ultrashort-wave energy is plasma-CVD equipment according to claim 19 which is divided into plurality by the power distribution unit and supplied to said divided cathode electrode.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]**

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the plasma-CVD equipment suitable for enforcing the plasma-CVD method and this plasma-CVD method which use the ultrashort wave which makes it homogeneity and can attain formation of the large area deposition film of homogeneous membrane thickness by the high rate of sedimentation. It is related with the plasma-CVD equipment suitable for this invention enforcing the plasma-CVD method and this plasma-CVD method which make it possible to be homogeneous membrane thickness and to form the large area deposition film for devices which is the comparatively high rate of sedimentation using the frequency of a field higher than the frequency domain used [ in / in a detail / the conventional RF plasma-CVD method ] more, and has large areas, such as an electrophotography photo conductor, by homogeneity membranous quality.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, in manufacture of a semiconductor device, pressure of business of the so-called RF plasma-CVD method is carried out. Generally in the RF plasma-CVD method concerned, the 13.56MHz RF is used from a viewpoint based on Wireless Telegraph Law. Although it has the advantage that control of discharge conditions is comparatively easy for RF plasma-CVD method, and the membranous quality of the film obtained is excellent, the use effectiveness of gas is low and there is a problem that the formation rate of the deposition film is comparatively small. The microwave CVD method using the so-called microwave with a frequency of 2.45GHz is proposed in solving this problem. although there is an advantage that a microwave CVD method has the high use effectiveness of gas, and the formation rate of the deposition film is boiled markedly and can be enlarged -- the plasma consistency at the time of membrane formation -- very -- high -- it -- therefore, there is a problem that it is very difficult to be stabilized and to perform formation of the precise deposition film from decomposition of material gas being made rapidly and film deposition being performed at high speed.

[0003] From such a background, the examination about the plasma-CVD method using the so-called ultrashort wave of the 30MHz - about 150MHz VHF field of a frequency higher recently than 13.56MHz has been made. For example, Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol Ultrashort-wave energy with a frequency of 25-150MHz decomposing material gas (silane gas) into 7, No3, and p(1987)267-273 (henceforth "reference 1") using the glow discharge cracking unit of a capacity-coupling mold, and forming the amorphous silicon (a-Si) film in them is indicated. Change a frequency to reference 1 in 20MHz - 150MHz, and the a-Si film is specifically formed. When 70MHz is used, the film rate of sedimentation becomes the largest with 21A/sec, and it is a formation rate in the case of the RF plasma-CVD method above-mentioned [ this ], about 5 to 8 times, And it is indicated that the defect density, the optical band gap, and conductivity of the a-Si film obtained are seldom influenced depending on an excitation frequency. However, membrane formation of a publication is the thing of a laboratory scale, and there is no place which completely touches on whether such effectiveness is expectable in formation of the film of a large area in reference 1. Incidentally, use of a RF (13.56MHz - 200MHz) remains for only suggesting possibility at reference 1 noting that it opens a view interested in high-speed processing of the large area a-Si:H thin film device of low cost with which the thickness of several micrometers is demanded. this point is clear from the experimental result which this invention persons who mention later performed -- as -- use of the so-called ultrashort-wave energy of a VHF field -- the superresolution effectiveness and the high rate of sedimentation of gas -- bringing -- although carried out, formation of the large area deposition film with which practical use can be presented is difficult. Moreover, the approach of forming the amorphous silicon system semi-conductor film on a cylindrical base using ultrashort-wave energy 20MHz or more (suitably

30MHz - 50MHz) is indicated by JP,3-64466,A (henceforth "reference 2"). Specifically material gas is introduced in a reaction chamber, this reaction chamber is set as the gas pressure of 10<sup>-4</sup> - 0.2Torr, the ultrashort-wave energy of the amount which is equivalent to 0.1 - 10 w/sccm by the ratio to the flow rate of said material gas is introduced into said reaction chamber, glow discharge is generated, and the approach of forming the amorphous silicon system semi-conductor film is indicated. According to the approach of reference 2, 10 or more micrometer/hour of membrane formation rates is supposed that it is obtained and nonuniformity of the thickness of the deposition film obtained can be made small to 20% or less.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the approach of reference 2, even if it is going to attain the film rate of sedimentation of the film rate of sedimentation mentioned above using the ultrashort-wave energy of the frequency exceeding the frequency domain mentioned above, a satisfying result is not obtained. That is, when this invention persons enforced the approach of a publication in reference 2 using the RF generator with a frequency of 40MHz or more, it became clear that in the case of frequency 60MHz or more nonuniformity arose in the thickness of the deposition film about each of the shaft orientations of a cylindrical base and a hoop direction, and the good film could not be obtained by the high rate of sedimentation, so that it might mention later.

[0005] The main purpose of this invention solves the trouble in the conventional technique mentioned above, and is to offer the plasma-CVD method (henceforth a "VHF plasma-CVD method") which uses the RF of the VHF field which can form the quality deposition film which thickness is very uniform and is homogeneity membranous quality at high speed also about the shaft orientations of this cylindrical base, and which direction of a hoop direction on the front face of a cylindrical base.

[0006] The further purpose of this invention prevents loss of the high-frequency power accompanying the increment in a frequency of an RF generator, and is to offer the VHF plasma-CVD method which may occur the plasma efficiently.

[0007] Other purposes of this invention are to supply the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency to each of the cathode electrode which the cathode electrode prepared in the perimeter of a cylindrical base is electrically divide into plurality about the shaft orientations of a cylindrical base, and was this divided through a RF electric power supply means, and offer the VHF plasma-CVD method which the plasma is make to occur and forms the deposition film on a cylindrical base in a reaction container.

[0008] Still more nearly another purpose of this invention is to offer the plasma-CVD equipment with which the cathode electrode which encloses a cylindrical base supplied the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency to each of each cathode electrode electrically divided and this divided into plurality about the shaft orientations of a cylindrical base through the RF electric power supply means.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The VHF plasma-CVD method of this invention for attaining the above-mentioned purpose includes the following two modes. Namely, the 1st mode of this invention supplies the material gas for deposition film formation in the reaction container under reduced pressure. The high-frequency power which the cathode electrode prepared in the perimeter of the pivotable cylindrical base arranged in said reaction container was made to generate in a VHF band RF generator is supplied through a RF electric power supply means. It is the VHF plasma-CVD method which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It is electrically divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base. It is characterized by the divided this cathode electrode being alike, respectively, and supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency through said RF electric power supply means, making the plasma occur and forming the deposition film on said cylindrical base in said reaction container.

[0010] The 2nd mode of this invention supplies the material gas for deposition film formation in the reaction container under reduced pressure. The high-frequency power which the cathode electrode prepared in the perimeter of the pivotable cylindrical base arranged in said reaction container was made to generate in a VHF band RF generator is supplied through a RF electric power supply means. It is the VHF plasma-CVD method which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It has two or more nodes which each of the cathode electrode which is electrically divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base, and was this divided connects independently to a RF electric power supply means. It is characterized by supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency through the node of these plurality, making the plasma occur and forming the deposition film on

said cylindrical base in said reaction container.

[0011] This invention includes the plasma-CVD equipment suitable for enforcing the describing [ above ] plasma-CVD method. That is, the plasma-CVD equipment of this invention includes the following two modes. Namely, a material gas supply means to supply the material gas for deposition film formation in the reaction container which the 1st equipment mode can decompress, and this reaction container, It has the cathode electrode and VHF band RF generator which were prepared so that the cylindrical base arranged on the pivotable base maintenance means allotted in said reaction container and said base maintenance means might be surrounded. The high-frequency power generated in said VHF band RF generator is supplied to said cathode electrode through a RF electric power supply means. It is plasma-CVD equipment which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It is characterized by each cathode electrode electrically divided and this divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base being alike, respectively, and supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency through said RF electric power supply means.

[0012] A material gas supply means to supply the material gas for deposition film formation in the reaction container which the 2nd equipment mode can decompress, and this reaction container, It has the cathode electrode and VHF band RF generator which were prepared so that the cylindrical base arranged on the base maintenance means allotted in said reaction container and said base maintenance means might be surrounded. The high-frequency power generated in said VHF band RF generator is supplied to said cathode electrode through a RF electric power supply means. It is plasma-CVD equipment which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It has two or more nodes which each of each cathode electrode electrically divided and this divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base connects independently to a RF electric power supply means electrically. It is characterized by supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency to each cathode electrode through the node of these plurality.

[0013] According to this invention, thickness and membranous quality can stabilize for it and form the deposition film of very uniform high quality by the high rate of sedimentation also about the shaft orientations of this cylindrical base, and which direction of a hoop direction on the front face of a cylindrical base. When increasing the frequency about the high-frequency power generally used for membrane formation, loss of the RF energy concerned increases with the increase, but in spite of using the ultrashort-wave energy of a quite large frequency domain in this invention, there is very little such energy loss, and since material gas is decomposed efficiently and the desired plasma occurs, it can form the desired deposition film at high speed.

[0014] this invention persons solved the problem in the conventional VHF plasma-CVD technique mentioned above, and conducted the experiment which lower-\*\* that the purpose of this invention mentioned above should be attained. This invention is completed based on the knowledge which was acquired through this experiment and which is mentioned later.

[0015] (Experiment -1) It experimented based on the technique indicated by the reference 2 (JP,3-64466,A) mentioned above. That is, the electrophotography photo conductor which uses two or more amorphous silicon film as a sensitization layer using the RF generator of various frequencies was produced. It observed about the effect the frequency of an RF generator affects the nonuniformity of the thickness of the deposition film, and a membrane formation rate in production of each electrophotography photo conductor. Moreover, it observed about the property of the obtained electrophotography photo conductor. Each electrophotography photo conductor shared and produced the PURAZU CVD system shown in drawing 1 . In drawing 1 , 100 shows a reaction container. The reaction container 100 consists of insulating member 102B of the shape of insulating member 102A of the shape of a cylinder allotted on the base plate 101 and this base plate 101, the cathode electrode [ being cylindrical (the bore of 208mm, die length of 400mm) ] 103, and a cylinder. 115 is the top cover of the reaction container 100. 105A is a base electrode holder and this base electrode holder has heater stanchion 105A' inside. 105A" -- heater stanchion 105A' -- it is the attached heater for base heating. 106 is the cylindrical base arranged on base electrode-holder 105A. 105B is the auxiliary attachment component of the cylindrical base 106. Base electrode-holder 105A equips the interior with the rolling mechanism (not shown) connected with the motor side, and it enables it to rotate it as occasion demands. 107 is the exhaust pipe equipped with the exhaust air bulb, and this exhaust pipe is open for free passage to exhauster style 107' equipped with the vacuum pump. 108 is the material gas supply system which consisted of a chemical cylinder, a mass flow controller, a bulb, etc. The material gas supply

system 108 has connected with the gas-evolution pipe 116 equipped with two or more gas-evolution holes through the gas supply pipe 117. Material gas is supplied in a reaction container through two or more gas-evolution holes of the gas-evolution pipe 116. 111 is an RF generator. The high-frequency power from RF generator 111 is supplied to the cathode electrode 103 through the RF electric power supply line 118 and a matching circuit 109. 104 is a shielding wall.

[0016] In this experiment, 18 cylindrical bases with the diameter of 108mm, a die length [ of 358mm ], and a thickness of 5mm made from aluminum were prepared. The plasma-CVD equipment shown in drawing 1 was used, the charge impregnation blocking layer, the photoconduction layer, and the surface protective layer were formed in this sequence on each base made from aluminum by the conditions shown in the 1st table and the 2nd table, and the photo conductor for electrophotography was produced. 18 electrophotography photo conductors (sample No.1a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8b, 9a, 9b and 10a) were produced by this technique. What attached the notation of "a" rotates a cylindrical base in these electrophotography photo conductor sample at the time of membrane formation, and what attached the notation of "b" does not rotate a cylindrical base at the time of membrane formation. After having arranged the cylindrical base 106 made from aluminum on base electrode-holder 105A, exhauster style 107' was operated, the inside of the reaction container 100 was exhausted, and the inside of the reaction container 100 was adjusted to the pressure of  $1 \times 10^{-6}$ Torr. Subsequently, it energized to heater 105" and heating maintenance of the cylindrical base 106 was carried out at the temperature of 250 degrees C. Subsequently, the charge impregnation blocking layer was formed on the conditions shown in the column of the charge impregnation blocking layer of the 1st table. That is, the gas supply pipe 117 and the gas-evolution pipe 116 are minded from the material gas supply means 108, and it is SiH4. Gas and H2 Gas, NO gas, and B-2 H6 Gas was introduced in the reaction container by 500sccm, 10sccm, 10sccm, and the flow rate of 2000 ppm, respectively, and the inside of this reaction container was adjusted to the pressure of 50mTorr(s) or 500mTorr(s). In such a place, the frequency of 13.56MHz thru/or the 350MHz RF shown in the 2nd table by RF generator 111 was generated, and this RF was supplied to the cathode electrode 103 through the RF electric power supply line 118 and the matching circuit 109. The RF generator of \*\*\*\*\* was used so that the frequency of the range mentioned above as RF generator 111 here might be given. The matching circuit 109 was suitably adjusted according to the frequency of the RF generator concerned. In the space surrounded with the cylindrical base 106 and the cathode electrode 103 in this way, it was excited by RF energy, and decomposed and the above-mentioned material gas was formed on the cylindrical base 106 by the thickness whose amorphous silicon film (a-Si:H:N:O:B film) as a charge impregnation blocking layer is about 1 micrometer. Subsequently, the photoconduction layer which consists of a-Si:H film of about 25-micrometer thickness on the conditions shown in the column of the photoconduction layer of the 1st table by the same technique was formed, the surface protective layer which consists of a-SiC:H film of about 1-micrometer thickness on the conditions successively shown in the column of the surface protective layer of the 1st table was formed, and the electrophotography photo conductor was produced. The above-mentioned membrane formation actuation changed and performed a frequency and reaction container internal pressure at the time of membrane formation repeatedly corresponding to each electrophotography photo conductor sample, as shown in the 2nd table. Moreover, the rolling mechanism was operated in production of the sample which attached the sign "a", and the cylindrical base was rotated. Rotation of a cylindrical base was not performed in production of the sample which attached the sign "b."

[0017] Moreover, two samples were produced about each of sample 2a, 2b, and 3a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8b, 9a and 9b. One side of these samples was used for evaluation of thickness distribution, and other samples were used for evaluation of electrophotographic properties.

[0018] In membrane formation of sample 1a which used the frequency of 13.56MHz, at the time of membrane formation of 50mTorr, discharge occurred intermittently and membrane formation was not able to be performed by the pressure. In the case of sample 2a and 2b, membranes were formed by setting a pressure to 500mTorr(s) from such a thing at the time of membrane formation. About sample 2a, 2b, or Samples 9a and 9b, membrane formation was made on the conditions shown in the 1st table. In membrane formation of sample 10a, it was the same as that of the case of sample 1a, discharge occurred intermittently, and membrane formation was not able to be performed. About each of sample 2a, 2b, or Samples 9a and 9b, thickness was measured using the eddy current type thickness gage (made in a Kett science laboratory) about 100 intersections at the time of drawing a line every 33mm to the shaft orientations of a base 106, and drawing a line every 32mm to a hoop direction, and the distribution condition of \*\*\*\*\* was evaluated. Evaluation of the distribution condition of thickness was performed as follows here. That is, about thickness distribution of shaft orientations, the difference of the maximum of thickness and the minimum value in ten

point of measurement of shaft-orientations 1 train was searched for, this difference was broken by the average thickness value of ten places, and the thickness distribution per train {(maximum-minimum value) the /average} was searched for. Subsequently, the thickness distribution per train was similarly searched for about other nine trains, the average of thickness distribution of ten acquired trains was computed, and this was shown in the 3rd table by the percentage as thickness distribution (namely, thickness nonuniformity) of shaft orientations. About thickness distribution of a hoop direction, the difference of the maximum of thickness and the minimum value in ten point of measurement of the hoop direction of one line was searched for, this difference was broken by the average thickness value of ten places, and the thickness distribution per line {(maximum-minimum value) the /average} was searched for. Subsequently, the thickness distribution per line was similarly searched for about other nine lines. It is thickness distribution (that is, the percentage showed as thickness.) of a hoop direction about the average of the acquired thickness distribution of ten lines. It did not compute about that to which the value of thickness distribution exceeds 20% about a membrane formation rate. About 20% or less of thing, it computed based on the thickness in 100 places, and the value of thickness distribution (thickness nonuniformity) made the average of the acquired value the membrane formation rate, and showed it in the 3rd table. Furthermore, about sample 2a, 2b, or Samples 9a and 9b, these samples were carried in the electrophotography reproducing unit (what converted NP6060 by Canon, Inc. into the experiment), and it evaluated about electrification ability and the image obtained. The obtained result is shown in the 3rd table. Evaluation about each evaluation criteria in this case was performed on the following criteria.

[0019] Electrification ability evaluation: The sample was carried in the electrophotography reproducing unit, the electrical potential difference of +6kV was impressed to the electrification machine, corona electrical charging was performed, and the umbra surface potential on the front face of a sample was measured with the surface potential meter. Like the case of evaluation of the thickness distribution mentioned above, the measurement in this case was obtained by carrying out about a total of 100 places, calculated the average from the measurement result, and evaluated the value which is most separated from this average by the following criteria.

O It is less than [ :10V ] and is the homogeneity which was very excellent.

: It is less than [ 20V ] and is good homogeneity.

\*\*: Practically with [ it is less than / 30V / and ] no problem.

x: It is the case where 30V are exceeded, and it is inadequate, when it is inferior to homogeneity and uses for a high-speed reproducing unit.

[0020] Image evaluation: The manuscript (halftone test chart FY 9-9042 by Canon, Inc.) of a whole surface halftone was put on the manuscript base, image formation was performed, and the image sample was obtained and was evaluated by the following valuation bases about the obtained image.

O : it is the image which does not have concentration unevenness and was excellent.

: Concentration unevenness is the good image of a certain thing slightly.

\*\*: It is the image which \*\* concentration unevenness to adoption of a certain thing at the whole.

x: Concentration unevenness is the image which does not \*\* to adoption remarkably.

[0021] The following things became clear from the above experiment. Namely, although it will become large depending on a frequency if the thickness nonuniformity of shaft orientations makes a power line period larger than 40MHz when membranes are formed by rotating the (i) base When membranes are formed without rotating; (ii) base pressed down small, without the thickness nonuniformity of a hoop direction being dependent on a power line period, If a power line period is made larger than 40MHz also with the thickness nonuniformity of shaft orientations, and the thickness nonuniformity of a hoop direction, depending on a frequency, it will become large.; (iii) Irrespective of whether a base is rotated or not, the image property of the photo conductor for electrophotography which will be obtained if a power line period exceeds 40MHz gets worse.

[0022] (Experiment -2) Even if this experiment was the case where the frequency of the high-frequency power to be used was made into size rather than 40MHz in view of the result obtained in the experiment -1, thickness unevenness did not arise on the deposition film formed, but it was conducted in the viewpoint which discerns possibility that the photo conductor for electrophotography which consists of this deposition film will become a thing satisfying about electrification ability and a copy image. In this experiment, the contact of the RF electric power supply line and cathode electrode which supply high-frequency power to a cathode electrode in the plasma-CVD equipment used in the experiment -1 was made into plurality, and membranes were formed using the plasma-CVD equipment changed so that power might be supplied to a cathode electrode from these two or more contacts. The plasma-CVD equipment used in this experiment is

the thing of a configuration of being shown in drawing 2. The high periphery electric power supply line 118 which supplies the high-frequency power which the plasma-CVD equipment shown in drawing 2 generated in RF generator 118 to the cathode electrode 103 has branched to two, 118A and 118a, by the cathode electrode 103 side rather than the matching circuit 109. Except that power was supplied to the cathode electrode 103 from two places, the contact of 118A and the cathode electrode 103, and the contact of 118a and the cathode electrode 103, it is the same configuration as the plasma-CVD equipment shown in drawing 1. Explanation is omitted about the same component as the plasma-CVD equipment of drawing 1. In addition, the contact of high periphery electric power supply line 118A and the cathode electrode 103 and the contact of high periphery electric power supply line 118a and the cathode electrode 103 formed the cylindrical base 106 in the location which becomes respectively symmetrical as a core. In this experiment, the sample was produced on the production conditions of sample 2a produced in the experiment -1, 2b, or 9a and 9b, and the same conditions, Samples 12a and 12b thru/or 19a and 19b were obtained, and the same evaluation as experiment -1 was performed about these samples. The obtained result is shown in the 4th table.

[0023] The following facts became clear from the result shown in the 4th table.

[0024] Namely, the thickness nonuniformity of the hoop direction of a base is supplying power to;(ii) cathode electrode pressed down low from two or more nodes by supplying power to (i) cathode electrode from two or more points. Although the thickness nonuniformity of shaft orientations is controlled a little compared with the case (the 3rd table) where an electric power supply is performed from one point Irrespective of whether a base is rotated or not, if a power line period exceeds 40MHz, the thickness nonuniformity of shaft orientations will become large depending on a power line period.; (iii) Irrespective of whether a base is rotated or not The image property of the electrophotography photo conductor produced with the power line period of 100MHz or more is not enough.

[0025] (Experiment -3) When the RF generator of the frequency exceeding 40MHz was used in view of the result of the above-mentioned experiment -1 and experiment -2, this experiment considered the cause by which the nonuniformity of the thickness of the shaft orientations of a cylindrical base became large. this invention persons guessed as follows about the cause by which the nonuniformity of the thickness of the shaft orientations of a cylindrical base becomes large, in the plasma-CVD equipment used by each of experiment -1 and experiment -2. That is, the high-frequency power supplied to a cathode electrode from an RF generator is the so-called skin effect (skin effect). Since it is supplied through a thin part from \*\* and a cathode electrode surface, it is supplied only through the part near the cathode electrode, and does not pass along a deep part from the front face of a cathode electrode. And when the frequency of an RF generator becomes large, the skin effect becomes remarkable and high-frequency power passes only along the very thin part of \*\*\*\* in an electrode surface. In this case, resistance of a cathode electrode becomes large and it propagation-comes to be hard of high-frequency power further. This point is common knowledge in the technical field concerned. In the plasma-CVD equipment used in the experiment -1 and the experiment -2, power is supplied to the inner circumference section along the front face of this electrode from the periphery section of the cylindrical cathode electrode 103 to which the RF electric power supply line 118 was connected. And when the high-frequency power supplied has a large frequency, before it arrives at the inner circumference center section of the cylindrical cathode electrode 103 which meets the cylindrical base 106, this power will be used as discharge occurrence energy near the upper limit section of the cylindrical base 106, or the lower limit section. Therefore, a difference arises in a plasma consistency and it is thought in the core near the both ends of a cylindrical base that the difference of the plasma consistency causes thickness nonuniformity of shaft orientations. So, in this experiment, the plasma consistency of the discharge space surrounded with the cylindrical base 106 and the cylindrical cathode electrode 103 was measured in various locations using the plasma-CVD equipment shown in the plasma-CVD equipment of drawing 1 at drawing 3 which arranged the probe 130 for plasma density measurement. In drawing 3, 131 is a seal flange. 130 is a probe and is designed movable in the vertical direction. The single probe method is used for a plasma consistency (electron density Ne), and it is the thermal diffusion electron current Ie0 and electron temperature Te. It asked and computed by the degree type. S in the following formula shows the surface area of a probe.

[0026]

In the  $1/2 Ne = 3.73 \times 10^{11} \times Ie0 / S / Te$  experiment, the effect which a frequency has on a plasma consistency was considered using the frequency of 40MHz, and the 100MHz RF generator. The photoconduction layer specifically shown in the 1st table on the same conditions as sample 3a (frequency of 40MHz) and sample 5a (frequency of 100MHz) in experiment -1 was formed, the probe 130 was moved up and down between

these photoconduction stratification, and the plasma consistency of the discharge space surrounded with the cylindrical base 106 and the cathode electrode 103 was measured. The relation between the location of a probe and a plasma consistency is plotted and shown in drawing 4 and drawing 5. In drawing 4 and drawing 5, one half of the locations of height of the cylindrical base 106 with a height of 358mm are made into zero on the basis of base electrode-holder 105A, rather than this, the upper part is added and the lower part is made minus. When an RF generator with a frequency of 40MHz is used so that clearly from drawing 4, it turns out that it migrates to the range of 358mm or more in which the cylindrical base 106 was arranged, and the comparatively uniform plasma consistency is obtained. On the other hand, it turns out that the plasma consistency is large as the remarkable difference has arisen in the plasma consistency, the plasma consistency is the smallest near the location (namely, location of zero) of the height 1/2 of the cylindrical base 106 and it goes to a base edge by within the limits which is 358mm on which the cylindrical base 106 was arranged, when an RF generator with a frequency of 100MHz is used so that clearly from drawing 5. When thickness distribution was investigated by the same technique also in the experiment -1 about each of the silicone film on the cylindrical base 106 formed using high-frequency power with an above-mentioned frequency of 40MHz, and the silicone film on the cylindrical base formed using high-frequency power with an above-mentioned frequency of 100MHz, it depended for the former silicone film on the plasma density distribution shown in drawing 4, and it turned out that it is thickness distribution of homogeneity comparatively. Moreover, it depended for the latter silicone film on the plasma density distribution shown in the 5th, and it turned out that it is thickness distribution of an ununiformity.

[0027] (Experiment -4) In view of the result of experiment -3, in this experiment, there was little effect of the skin effect and the variation in the plasma consistency in the discharge space surrounded with the cylindrical base 106 and the cylindrical cathode electrode 103 inquired, using small plasma-CVD equipment separately. In this experiment, the plasma-CVD equipment which divides a cathode electrode into the shaft orientations of a cylindrical base electrically at plurality, and can supply high-frequency power to each divided cathode electrode was produced, and the plasma consistency of the discharge space surrounded with the cylindrical base 106 and the cylindrical cathode electrode 103 using this equipment was measured. The plasma CVD used in this experiment is the thing of a configuration of being shown in drawing 6. The plasma-CVD equipment shown in drawing 6 converts a part of plasma-CVD equipment shown in drawing 3. A cathode electrode is divided into the shaft orientations of a cylindrical base to three electrically [ 103A (height of 75mm), 103B (height of 230mm), and 103C (height of 75mm) ], and the plasma-CVD equipment shown in drawing 6 is constituted. Between cathode electrode 103A and cathode electrode 103B and between cathode electrode 103B and cathode electrode 103C, with a height of 10mm insulating member 121A and insulating member 121B are allotted. 120 is a RF power distribution unit. 109A, 109B, and 109C are matching circuits. The high-frequency power generated in RF generator 111 is trichotomized by the high-frequency power division means 120, and is supplied to the cathode electrodes 109A, 109B, and 109C through matching circuits 109A, 109B, and 109C. Here, power was distributed so that the power supply per unit area of a cathode electrode might become almost equal with three cathode electrodes. Other configurations are the same as that of the plasma treatment equipment shown in drawing 3. In this experiment, the frequency of 40MHz and the 100MHz RF generator were connected to the plasma treatment equipment shown in drawing 6, the same membrane formation as experiment -3 was performed, and the plasma consistency was measured like the experiment -3. In addition, on the occasion of formation of a photoconduction layer, 200W were supplied to the cathode electrodes 103A and 103C, respectively, and 600W were supplied to cathode electrode 103B. The relation between the location of a probe and a plasma consistency is plotted and shown in drawing 7 and drawing 8. Even if it is in any at the time of using an RF generator with a frequency of 100MHz when an RF generator with a frequency of 40MHz is used and so that clearly from drawing 7 and drawing 8, it migrates to the range of 358mm or more in which the cylindrical base 106 was arranged, and it turns out that a plasma consistency is almost uniform. However, about the value of a plasma consistency, it turns out on the frequency of 40MHz, and the frequency of 100MHz that the way at the time of using the frequency of 100MHz is large. The following things became clear from the above thing. That is, even if it is the case where the frequency of an RF generator is set to 100MHz, the plasma consistency about these shaft orientations can be equalized by dividing a cathode electrode into the shaft orientations of a cylindrical base at plurality.

[0028] (Experiment -5) In view of the result of the above-mentioned experiment -4, the plasma-CVD equipment which divided the cathode electrode into the shaft orientations of a cylindrical base at plurality was used, the electrophotography photo conductor was produced and the property was investigated about the obtained electrophotography photo conductor. In this experiment, the plasma-CVD equipment shown in

drawing 9 was used. The plasma treatment equipment shown in drawing 9 removes the probe 130 and the seal flange 131 for plasma density measurement from the plasma treatment equipment shown in drawing 6. In this experiment, the RF power distribution unit 120 trichotomized the high-frequency power which generated them in RF generator 111 while changing various frequencies of the RF generator linked to the plasma treatment equipment shown in drawing 9, and membranes were formed by supplying the cathode electrodes 109A, 109B, and 109C through matching circuits 109A, 109B, and 109C. The electrophotography photo conductor sample was specifically produced on the production conditions of sample 2a produced in the experiment -1, 2b, or 9a and 9b, and the same conditions, and Samples 22a and 22b thru/or 29a and 29b were obtained. In addition, the membrane formation conditions except having used the RF generator with a frequency of 350MHz were made the same as that of other samples, and 30b was obtained as what did not rotate 30a and a base as what rotated the base. The evaluation same about these samples as experiment -1 was performed. The obtained result is collectively shown in the 5th table. In addition, in membrane formation of the samples 30a and 30b which used the RF generator with a frequency of 350MHz, membrane formation by which abnormality discharge was arisen and stabilized sometimes could not be performed.

[0029] The following things became clear from the result shown in the 5th table. Namely, when (i) cathode electrode is divided into the shaft orientations of a cylindrical base at plurality and membranes are formed by supplying power to each of the this divided cathode electrode, even if it is the case where an RF generator with a frequency of 60MHz or more is used When membranes are formed rotating the;(ii) cylindrical base which can stop the thickness nonuniformity of the shaft orientations of a cylindrical base low and a with a 60MHz or more frequency [ 300MHz or less ] RF generator is used, at the big membrane formation rate of 40 micrometers or more The deposition film excellent in electrophotographic properties can be formed.; (iii) When membranes were formed rotating a cylindrical base and an RF generator with a frequency of 200MHz is used, a membrane formation rate serves as max. furthermore, when membranes were formed without rotating the;(iv) cylindrical base with which thickness nonuniformity also becomes large with a membrane formation rate falling if a frequency is raised and an RF generator with a frequency of 60MHz or more is used Thickness nonuniformity of the hoop direction of a cylindrical base will not be able to become big, and cannot form the deposition film excellent in electrophotographic properties.

[0030] (Experiment -6) Although it became clear that the deposition film excellent in electrophotographic properties could be formed by forming membranes, using an RF generator with a frequency of 60MHz or more, and rotating a cylindrical base from the above-mentioned experiment -5, this experiment examined whether formation of the deposition film excellent in electrophotographic properties would be possible, even if it was the case where a cylindrical base was not rotated. In this experiment, when power to the cathode electrode obtained in the above-mentioned experiment -2 was supplied from two or more points, while dividing the cathode electrode into the shaft orientations of a cylindrical base at plurality in view of knowledge that the thickness nonuniformity of the hoop direction of a cylindrical base is stopped low, membranes were formed by producing the plasma treatment equipment which supplies power to each of the this divided cathode electrode from two or more points. The plasma treatment equipment used in this experiment is the thing of a configuration of being shown in drawing 10 , and this equipment converts a part of equipment shown in drawing 9 . The plasma treatment equipment shown in drawing 10 Matching circuits 109A and 109B, From 109C, the cathode electrodes 109A, 109B, and 109C each RF electric power supply line 118A which supplies power, It is the same configuration as the equipment shown in drawing 9 except branching 118B and 118C to 118A, 118a, 118B, 118b, 118C, and 118c, respectively, and having enabled it to supply power to each cathode electrode from two points. In addition, the contact of RF electric power supply line 118A and cathode electrode 103A and the contact of RF electric power supply line 118a and cathode electrode 103A formed the cylindrical base 106 in the location which becomes symmetrical as a core. It was presupposed that it is the same as that of this about other electric power supply lines and other cathode electrodes. In this experiment, the plasma treatment equipment shown in drawing 10 was used, the electrophotography photo conductor sample was produced on the production conditions of sample 2a produced in the experiment -1, 2b, or 9a and 9b, and the same conditions, and Samples 32a and 32b thru/or 39a and 39b were obtained. In addition, the membrane formation conditions except having used the RF generator with a frequency of 350MHz were made the same as that of other samples, and 40b was obtained as what did not rotate 40a and a base as what rotated the base. The evaluation same about these samples as experiment -1 was performed. The obtained result is collectively shown in the 6th table.

[0031] The following things became clear from the result shown in the 6th table. Namely, while dividing (i) cathode electrode into the shaft orientations of a cylindrical base at plurality By forming membranes,

supplying power to each of the divided this cathode electrode from two or more points Even if it is the case where; (ii) base which can stop the thickness nonuniformity of the hoop direction of a cylindrical base low even if it is the case where a cylindrical base is not rotated is not rotated, by using a with a 60MHz or more frequency [ 300MHz or less ] RF generator The deposition film which is 40 micrometers or more in big membrane formation rate, and was excellent in electrophotographic properties can be formed.; (iii) If a frequency exceeds 300MHz, the thickness nonuniformity of shaft orientations will increase. When the electrophotographic properties of the electrophotography photo conductor which may be followed on it examine the field of a frequency from a viewpoint of worsening;(iv) membrane formation rate and electrophotographic properties, the range of 100MHz - 250MHz of desirable frequency domains is 100MHz - 200MHz the optimal.

[0032] (Experiment -7) When the cathode electrode was divided into the shaft orientations of a cylindrical base at plurality and membranes were formed by supplying power to each of the this divided cathode electrode from above-mentioned experiment -4 thru/or above-mentioned experiment -6, even if it was the case where an RF generator with a frequency of 60MHz or more was used, the thickness nonuniformity of the shaft orientations of a cylindrical base could be stopped low, and it was checked that the deposition film excellent in electrophotographic properties can be formed at a high membrane formation rate. This experiment examined how dividing, although a cathode electrode is divided would be desirable. In this experiment, using the RF generator with a frequency of 13.56MHz currently generally used first, when the power source of this frequency was used, it examined whether a plasma consistency with a cathode electrode uniform between a cylindrical base and a cathode electrode to what kind of die length would be obtained. [ many ] The plasma treatment equipment for plasma density measurement specifically shown in drawing 3 was changed into the equipment corresponding to the following two cases, and the plasma consistency of the field surrounded with the cylindrical base 106 and the cathode electrode 103 was measured.

(1) die length -- 800 -- mm -- a bore -- 208 -- mm -- a cathode -- an electrode -- 103 -- and -- die length -- 800 -- mm -- a diameter -- 108 -- mm -- aluminum -- make -- cylindrical -- a base -- using -- a case --; -- and -- ( -- two -- ) -- die length -- 1000 -- mm -- a bore -- 208 -- mm -- a cathode -- an electrode -- 103 -- and -- die length -- 1000 -- mm -- a diameter -- 108 -- mm -- aluminum -- make -- cylindrical -- a base -- using -- a case .

[0033] About the above (1) and each in (2), except having used the RF generator with a frequency of 13.56MHz and having used the probe for plasma density measurement corresponding to the cathode electrode and cylindrical base of the above-mentioned magnitude, as the experiment -3 described, the plasma consistency about the shaft orientations of a cylindrical base was measured. The result which was obtained in the result which was obtained in the above (1) drawing 11 and in the above (2) is graph-ized to drawing 12 , respectively, and is shown in it. The following thing became clear from the result shown in drawing 11 and drawing 12 . That is, the die length of a cathode electrode goes over 800mm throughout the longitudinal direction of this cathode electrode, if the die length of a cathode electrode is set to 1000mm to the uniform plasma consistency being obtained, near the center section of the electrode, a plasma consistency becomes low and the uniform plasma consistency is not obtained. Then, the following considerations were performed on the basis of die length of 800mm of a cathode electrode.

[0034] An inductance L is shown by the degree type when a cathode electrode is a cylindrical electrode of a radius a and die-length l.

$$L=\mu_0 / 2\pi x [\{1+(a^2+l^2)^{1/2}\} / l - \ln[a] - \{(a^2+l^2)^{1/2}\} - a]$$

(Here,  $\mu_0$  is space permeability)

It asked for the impedance Z of each frequency to cathode electrode length ( $Z=\omega L$ ) about the cathode electrode whose diameter is 208mm using this formula. The ratio of the impedance at the time of changing a frequency and cathode length, having used the impedance in the case of the frequency of 13.56MHz and 800mm of cathode electrode length as 1.0 is graph-ized, and it is shown in drawing 13 . It turned out that it is the following case that the ratio of an impedance becomes 1.0 or less from drawing 13 .

[0035]

Frequency 0.14m or less of : with a 0.17m or less frequency [ of : with a 0.25m or less frequency / of : with a 0.33m or less frequency / of 60MHz : electrode length / of 100MHz electrode length / of 200MHz electrode length ] of 300MHz electrode length [0036] Therefore, according to the frequency of the RF generator to be used, it became clear the die length of the divided cathode electrode that the plasma with a uniform plasma consistency could be formed between the above-mentioned range, then a cylindrical base and a cathode electrode.

[0037] This invention results in completion through the result of the above-mentioned experiment -1 thru/or experiment -6. This invention includes the plasma-CVD equipment suitable for enforcing a VHF plasma-CVD method and this plasma-CVD method. The VHF plasma-CVD method of this invention includes the following two modes. Namely, the 1st approach mode of this invention supplies the material gas for deposition film formation in the reaction container under reduced pressure. The high-frequency power which the cathode electrode prepared in the perimeter of the pivotable cylindrical base arranged in said reaction container was made to generate in a VHF band RF generator is supplied through a RF electric power supply means. It is the VHF plasma-CVD method which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It is electrically divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base. It is characterized by the divided this cathode electrode being alike, respectively, and supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency through said RF electric power supply means, making the plasma occur and forming the deposition film on said cylindrical base in said reaction container.

[0038] The 2nd approach mode of this invention supplies the material gas for deposition film formation in the reaction container under reduced pressure. The high-frequency power which the cathode electrode prepared in the perimeter of the pivotable cylindrical base arranged in said reaction container was made to generate in a VHF band RF generator is supplied through a RF electric power supply means. It is the VHF plasma-CVD method which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It has two or more nodes which each of the cathode electrode which is electrically divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base, and was this divided connects independently to a RF electric power supply means. It is characterized by supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency through the node of these plurality, making the plasma occur and forming the deposition film on said cylindrical base in said reaction container. The plasma-CVD equipment of this invention includes the following two modes. Namely, a material gas supply means to supply the material gas for deposition film formation in the reaction container which the 1st equipment mode can decompress, and this reaction container, It has the cathode electrode and VHF band RF generator which were prepared so that the cylindrical base arranged on the pivotable base maintenance means allotted in said reaction container and said base maintenance means might be surrounded. The high-frequency power generated in said VHF band RF generator is supplied to said cathode electrode through a RF electric power supply means. It is plasma-CVD equipment which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It is characterized by each cathode electrode electrically divided and this divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base being alike, respectively, and supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency through said RF electric power supply means.

[0039] A material gas supply means to supply the material gas for deposition film formation in the reaction container which the 2nd equipment mode can decompress, and this reaction container, It has the cathode electrode and VHF band RF generator which were prepared so that the cylindrical base arranged on the base maintenance means allotted in said reaction container and said base maintenance means might be surrounded. The high-frequency power generated in said VHF band RF generator is supplied to said cathode electrode through a RF electric power supply means. It is plasma-CVD equipment which is made to generate the plasma between said cylindrical bases and said cathode electrodes, and forms the deposition film in it on said cylindrical base front face. Said cathode electrode It has two or more nodes which each of each cathode electrode electrically divided and this divided into plurality about the shaft orientations of said cylindrical base connects independently to a RF electric power supply means electrically. It is characterized by supplying the ultrashort-wave energy of the range of 60MHz - 300MHz frequency to each cathode electrode through the node of these plurality.

[0040] On the front face of a cylindrical base, also about the shaft orientations of this cylindrical base, and which direction of a hoop direction, thickness is very uniform, and, according to the plasma-CVD method and plasma-CVD equipment of this invention of a configuration of having mentioned above, membranous quality can stabilize for it and form the quality deposition film. And it is stabilized and the deposition film excellent in especially electrophotographic properties can be formed. Furthermore, loss of the high-frequency power accompanying the increment in a frequency of an RF generator is prevented, and since the plasma may be occurred efficiently, the deposition film can be formed at high speed.

[0041] Hereafter, this invention is explained, referring to a drawing. The plasma-CVD equipment shown in

drawing 9 is a thing of this invention equipment which shows one example [ like ] the 1st voice. The plasma-CVD equipment shown in drawing 9 is constituted as follows. In drawing 9, 100 shows a reaction container. The reaction container 100 consists of a base plate 101, insulating member 102A and cathode electrode 103C, insulating member 121B, cathode electrode 103B, insulating member 121A, cathode electrode 103A, insulating member 102B, and a top cover 115. 105A is a base electrode holder and this base electrode holder has heater stanchion 105A' inside. 105A" is the heater for base heating attached in heater stanchion 105A'. 106 is the cylindrical base arranged on base electrode-holder 105A. 105B is the auxiliary attachment component of the cylindrical base 106. Base electrode-holder 105A equips the low section with the rolling mechanism (not shown) connected with the motor side, and it enables it to rotate it as occasion demands. 107 is the exhaust pipe equipped with the exhaust air bulb, and this exhaust pipe is open for free passage to exhauster style 107' equipped with the vacuum pump. 108 is the material gas supply system which consisted of a chemical cylinder, a mass flow controller, a bulb, etc. The material gas supply system 108 has connected with the gas-evolution pipe 116 equipped with two or more gas-evolution holes through the gas supply pipe 117. Material gas is supplied in a reaction container through two or more gas-evolution holes of the gas-evolution pipe 116. 111 is an RF generator and the high-frequency power generated here is supplied to the cathode electrode 103 through the RF electric power supply line 118 and a matching circuit 109. In the plasma-CVD equipment shown in drawing 9, a cathode electrode is divided into the shaft orientations of a cylindrical base electrically [ 103A, 103B, and 103C ] to three, and is constituted. The high-frequency power generated in RF generator 111 is trichotomized by the high-frequency power division means 120, and is supplied to the cathode electrodes 109A, 109B, and 109C through matching circuits 109A, 109B, and 109C. 104 is a shielding wall.

[0042] In the plasma-CVD equipment of this invention, the division die length which divides a cylindrical cathode electrode into plurality electrically changes with the path of a cathode electrode, and frequencies of the RF generator to be used. For example, when the bore of an electrode is 208mm, as for the die length of the divided cathode, it is desirable for it to be set as 170mm or less on 250mm or less and the frequency of 200MHz, and to set it to 140mm or less by the frequency of 300MHz with 330mm or less and the frequency of 100MHz, on the frequency of 60MHz. Although the division number of an electrode changes with magnitude of a cylindrical base, when using a cylindrical base with a bore [ of 208mm ], and a die length of 358mm, more than trichotomy is desirable [ in 2 or more \*\*\*\*'s and the frequency of 100MHz ] on the frequency frequency of 60MHz at 2 or more \*\*\*\*'s and the frequency of 200MHz more than trichotomy in the frequency of 300MHz. It is desirable to consider as the number of partitions beyond the value which made the value which broke the overall length of the base on which said cylindrical base was put when two or more deposition film was formed in piles by maximum of the die length of the cathode with which the \*\*\*\* was divided counting fractions as one and an integral value in the 1st place of decimal point. In the plasma-CVD equipment shown in drawing 9, although a power distribution unit 120 distributes the high-frequency power generated in RF generator 111 and a cathode electrode is supplied, as shown in drawing 14, it is also possible to form two or more RF generators 111A, 111B, and 111C, without forming a power distribution unit.

[0043] Drawing 10 shows one example of the 2nd mode of the plasma-CVD equipment of this invention. The plasma-CVD equipment shown in drawing 10 Matching circuits 109A and 109B, RF electric power supply line 118A which supplies power to the cathode electrodes 109A, 109B, and 109C from 109C, respectively, It is the same configuration as the equipment shown in drawing 9 except having constituted 118B and 118C so that 118A, 118a, 118B, 118b, 118C, and 118c might be branched, respectively and power might be supplied to each cathode electrode from two points. The sectional view which cut the plasma-CVD equipment shown in drawing 10 in the location of X-X is drawing 15. Although the power distribution unit was omitted in drawing 15, after passing through matching circuit 109A, branched electric power supply line 118A and electric power supply line 118a are connected to cathode electrode 103A by 150A and 150a, respectively. As shown in drawing 16, the node to a cathode electrode can also be made into three points, 150D, 150E, and 150F, and as shown in drawing 17, it can also be made into four points, 150D, 150E, 150F, and 150G. About the number of nodes, two or more points are desirable and it is desirable to increase suitably according to the path of the cathode electrode to be used. As for a node, it is desirable to prepare the cathode electrode of each other in the location of point symmetry as a core.

[0044] The plasma-CVD method of this invention is performed as follows. The example which used the plasma-CVD equipment shown in drawing 9 is explained. After setting the cylindrical base 106 to base electrode-holder 105A, exhauster style 107' is operated, the inside of the reaction container 100 is exhausted, and the inside of the reaction container 100 is decompressed to a desired pressure. Subsequently,

it energizes to heater 105A" and heating maintenance is carried out at the temperature of a request of a base 106. Next, material gas is introduced in the reaction container 100 through the gas supply pipe 117 and the gas-evolution pipe 116 from the material gas supply system 108, and the inside of this reaction container is adjusted to a desired pressure. In such a place, the frequency of 60MHz thru/or a 300MHz RF are generated by RF generator 111, the RF power distribution unit 120 divides high-frequency power, and the cathode electrodes 103A, 103B, and 103C are supplied through matching circuits 109A, 109B, and 109C, respectively. In the space surrounded with the cylindrical base 106 and the cathode electrode in this way, it is decomposed by RF energy, and material gas occurs active species, and brings about formation of the deposition film on the cylindrical base 106.

[0045] Although it is desirable about each cathode electrode to make it the electric energy per unit area of an electrode become equal as for the power supplied to each cathode electrode divided in this invention, the electric energy per unit area can also be changed. although concrete power is employable with any power if it is the power which can occur the plasma -- desirable -- 0.001 W/cm<sup>2</sup> - 10 W/cm<sup>2</sup> -- more -- desirable -- 0.01 W/cm<sup>2</sup> - 5 W/cm<sup>2</sup> \*\* -- carrying out is desirable.

[0046] In this invention, 60MHz - 300MHz, when considering as the range of 100MHz - 200MHz the optimal takes into consideration a membrane formation rate and membranous quality, it is preferably desirable [ the frequency of an RF generator ] 100MHz - 250MHz more preferably.

[0047] About the gas faced and used for enforcing the approach of this invention, a well-known object can be chosen suitably. For example, if it is the case where the functional deposition film of an a-Si system is formed, those mixed gas, such as a silane, a disilane, and a high order silane, will mention as desirable material gas, and it is \*\*\*\*. If it is the case where other functional deposition film is formed, material gas or those mixed gas, such as germane, methane, and ethylene, will be mentioned, for example.

[0048] As carrier gas used when supplying material gas using carrier gas, inert gas, such as hydrogen or an argon, and helium, is mentioned.

[0049] Gas fluorine compounds or these mixed gas, such as hydrocarbon gas, such as the gas which contains oxygen atoms, such as gas containing nitrogen atoms, such as nitrogen and ammonia, oxygen, nitrogen oxide, and dinitrogen oxide, for example as gas for a property improvement of changing the band gap width of face of the deposition film, methane, ethane, ethylene, acetylene, and a propane, silicon tetrafluoride, 6 fluoride 2 silicon, and 4 germanium fluorides, etc. is mentioned.

[0050] As dopant gas aiming at doping, diboron hexahydride, boron fluoride, a phosphine, phosphorus fluoride, etc. are mentioned, for example.

[0051] the case where the a-Si film is formed although which pressure is sufficient as long as the reaction container internal pressure at the time of membrane formation is a pressure by which plasma production is made -- desirable -- 5 or less Torrs -- more -- desirable -- 0.1mTorr(s)- it is desirable to be referred to as 0.3mTorr(s) - 500mTorr the optimal 3 Torr.

[0052] Although it can be set up suitably, when forming the deposition film of an amorphous silicon system, as for the base temperature at the time of deposition film formation, it is preferably desirable to consider as 50 degrees C - 450 degrees C more preferably 20 degrees C - 500 degrees C.

[0053]

[Example] This invention is not limited by these examples, although an example is concretely given to below and this invention is explained to a detail.

[0054] (Example 1) Formed membranes under the conditions which used the equipment which connected the power source with a frequency of 100MHz as RF generator 111 of the equipment shown in drawing 9, and showed it in the 7th table in the same membrane formation procedure also in the experiment -5 mentioned above, the amorphous silicon film was made to deposit on a base, and the electrophotography photo conductor was produced.

[0055] As a base 106, the cylindrical base with a diameter [ of 108mm ] and a die length of 358mm made from aluminum was used. Membrane formation was performed as follows. That is, after setting the cylindrical base 106 made from aluminum to base electrode-holder 105A, the inside of the reaction container 100 was exhausted using exhauster style 107', and the inside of the reaction container 100 was adjusted to the pressure of 1x10<sup>-6</sup>Torr. Subsequently, while rotating the base 106, it energized to heater 105A" and heating maintenance of the base 106 was carried out at the temperature of 250 degrees C. Next, from the material gas supply system 108, gas was introduced in the reaction container through the gas supply pipe 117 and the gas-evolution pipe 116 on the conditions shown in the 7th table, and the inside of this reaction container was adjusted to the pressure of 50mTorr(s). In such a place, the RF was generated by RF generator 111, and as shown in the 7th table, high-frequency power was supplied to each cathode

electrode. Thus, the charge impregnation blocking layer and the photoreception layer which subsequently consists of a photoconduction layer and a surface protective layer were formed in grand total about 30 minutes, and the electrophotography photo conductor was produced. This membrane formation actuation was repeated and the line obtained five electrophotography photo conductors. It evaluated about electrification ability and image concentration like [ each / of the obtained photo conductor ] the experiment -1. As for this, any electrophotography photo conductor showed excelling in electrophotographic properties. [0056] It replaces with the equipment shown in drawing 9. A cathode electrode The diameter of 208mm, (Example 1 of a comparison) The power of the time of formation of a charge impregnation blocking layer to 800W is switched on for the equipment of drawing 1 constituted from a simple substance with a die length of 400mm from one place using equipment. Except having switched on the power of 1000W from one place at the time of formation of a photoconduction layer, in the example 1, membranes were formed similarly and five electrophotography photo conductors were produced. The evaluation same about each obtained photo conductor as experiment -1 was performed. Consequently, it turned out that it is not that by which any electrophotography photo conductor produces remarkable electrification ability unevenness and image unevenness, and practical use is presented with it.

[0057] (Example 2) Five electrophotography photo conductors were produced like the example 1 except having used the equipment which showed the electric power supply through which replaces with the equipment shown in drawing 9, and the cathode electrodes 103A, 103B, and 103C pass, respectively to drawing 10 performed from two nodes, respectively. The evaluation same about each of the obtained photo conductor as experiment -1 was performed. Consequently, the result which was excellent in any electrophotography photo conductor about all evaluation criteria was shown. As for this, any electrophotography photo conductor showed excelling in electrophotographic properties.

[0058] (Example 3) Five electrophotography photo conductors were produced like the example 2 except not rotating the cylindrical base 106. The evaluation same about each of the obtained photo conductor as experiment -1 was performed. Consequently, the result which was excellent in any electrophotography photo conductor about all evaluation criteria was shown. As for this, any electrophotography photo conductor showed excelling in electrophotographic properties.

[0059] (Example 4) Five electrophotography photo conductors were produced like the example 1 using the equipment shown in drawing 18. The equipment shown in drawing 18 differs from the equipment shown in drawing 9 in that the cathode electrode is divided into two, 103A and 103B. Here, the cathode electrodes 103A and 103B consisted of a diameter of 208mm, and die length of 195mm, respectively. Five electrophotography photo conductors were produced like the example 1 except supplying 500W) for power equal to the cathode electrodes 103A and 103B at the time of 400W and the photoconduction stratification at the time of formation of (charge impregnation blocking layer and a surface protective layer. The evaluation same about each of the obtained photo conductor as experiment -1 was performed. Consequently, the result which was excellent in any electrophotography photo conductor about all evaluation criteria was shown. As for this, any electrophotography photo conductor showed excelling in electrophotographic properties.

[0060] (Example 5) Five electrophotography photo conductors were produced like the example 4 using the equipment shown in drawing 19. The equipment shown in drawing 19 differs from the equipment shown in drawing 18 in that power is supplied to the cathode electrodes 103A and 103B from two electric power supply lines of 18A, 118a, and 118B and 118b, respectively. Moreover, it is designed so that the contact of an electric power supply line and a cathode electrode may come to the location of the symmetry considering a base as a core in the location concerned. The evaluation same about each obtained photo conductor as experiment -1 was performed. Consequently, the result which was excellent in any electrophotography photo conductor about all evaluation criteria was shown. As for this, any electrophotography photo conductor showed excelling in electrophotographic properties.

[0061] (Example 6) Five electrophotography photo conductors were produced like the example 5 except not rotating the cylindrical base 106. The evaluation same about each of the obtained photo conductor as experiment -1 was performed. Consequently, the result which was excellent in any electrophotography photo conductor about all evaluation criteria was shown. As for this, any electrophotography photo conductor showed excelling in electrophotographic properties.

[0062] (Example 7) The electrophotography photo conductor was produced like the example 1 using the equipment shown in drawing 20. The equipment shown in drawing 20 differs from the equipment shown in drawing 9 in that the cathode electrode is divided into four, 103A, 103B, 103C, and 103D, and the cathode electrodes 103A, 103B, 103C, and 103D are made into the diameter of 208mm, and die length of 92.5mm,

respectively. Five electrophotography photo conductors were produced like the example 1 except supplying power (at the time [ At the time of surface protective layer formation a charge impregnation blocking layer and 200 ] of W and the photoconduction stratification 250 W) equal to the cathode electrodes 103A, 103B, 103C, and 103D. The evaluation same about each of the obtained photo conductor as experiment -1 was performed. Consequently, the result which was excellent in any electrophotography photo conductor about all evaluation criteria was shown. As for this, any electrophotography photo conductor showed excelling in electrophotographic properties.

[0063] (Example 8) The electrophotography photo conductor was produced like the example 7 using the equipment shown in drawing 21. The equipment shown in drawing 21 differs from the equipment shown in drawing 20 in that power is supplied to the cathode electrodes 103A, 103B, 103C, and 103D from two electric power supply lines (18A, 118a, 118B, 118b, 118C, 118c, 118D, and 118d), respectively, and it is constituted so that the contact of an electric power supply line and a cathode electrode may come to the location of the symmetry considering a base as a core. The evaluation same about each of the obtained photo conductor as experiment -1 was performed. Consequently, the result which was excellent in any electrophotography photo conductor about all evaluation criteria was shown. As for this, any electrophotography photo conductor showed excelling in electrophotographic properties.

[0064] (Example 9) Five electrophotography photo conductors were produced like the example 8 except not rotating the cylindrical base 106. The evaluation same about each of the obtained photo conductor as experiment -1 was performed. Consequently, the result which was excellent in any electrophotography photo conductor about all evaluation criteria was shown. As for this, any electrophotography photo conductor showed excelling in electrophotographic properties.

[0065]

[Table 1]

第 1 表

表 面 保 護 層	S i H <sub>4</sub>	1 0 0	sccm
	H <sub>2</sub>	1 0 0	sccm
	C H <sub>4</sub>	5 0 0	sccm
	投入電力	8 0 0	W
	反応圧力	50,500	mTorr
	膜 厚	1	μ m
光 導 電 層	S i H <sub>4</sub>	5 0 0	sccm
	H <sub>2</sub>	3 0 0	sccm
	投入電力	1 0 0 0	W
	反応圧力	50,500	mTorr
	膜 厚	2 5	μ m
電 荷 注 入 阻 止 層	S i H <sub>4</sub>	5 0 0	sccm
	H <sub>2</sub>	3 0 0	sccm
	N O	1 0	sccm
	B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2 0 0 0	ppm
	投入電力	8 0 0	W
	反応圧力	50,500	mTorr
	膜 厚	1	μ m

[0066]

[Table 2]

第 2 表

試料 No.	1a	2a,2b	3a,3b	4a,4b	5a,5b	6a,6b	7a,7b	8a,8b	9a,9b	10a
周波数 (MHz)	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56
反応圧力 (mTorr)	50	500	500	50	50	50	50	50	50	50

※試料 No. の a は基体を回転させたもの、b は基体を回転させなかったもの

[0067]  
[Table 3]

第 3 表

試料 No.	2b	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	10a
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	
軸方向膜厚ムラ (%)	14	18	28	35	38	40	45	53	
周方向膜厚ムラ (%)	2	3	2	3	3	2	3	2	
帶電能	○	△	△	×	×	×	×	×	
画像濃度	○	○	△	×	×	×	×	×	
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	11	25	—	—	—	—	—	—	
試料 No.	2b	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	
軸方向膜厚ムラ (%)	13	18	28	33	39	41	46	55	
周方向膜厚ムラ (%)	4	5	18	25	31	35	41	45	
帶電能	△	△	×	×	×	×	×	×	
画像濃度	△	△	×	×	×	×	×	×	
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	10	23	—	—	—	—	—	—	

※試料 No. の a は基体を回転させたもの、b は基体を回転させなかったもの  
—は膜厚ムラが大きく、成膜速度を算出しなかったもの

[0068]  
[Table 4]

第 4 表

試料 No.	12a	13a	14a	15a	16a	17a	18a	19a
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0
軸方向膜厚ムラ (%)	12	18	26	31	34	36	40	47
周方向膜厚ムラ (%)	2	2	3	2	1	2	2	3
帶電能	○	△	△	×	×	×	×	×
画像濃度	○	○	△	×	×	×	×	×
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	10	26	-	-	-	-	-	-
試料 No.	12b	13b	14b	15b	16b	17b	18b	19b
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0
軸方向膜厚ムラ (%)	11	17	24	30	35	37	42	47
周方向膜厚ムラ (%)	3	3	2	2	2	3	3	2
帶電能	△	○	△	×	×	×	×	×
画像濃度	○	○	△	×	×	×	×	×
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	10	23	-	-	-	-	-	-

※試料No. の a は基体を回転させたもの、b は基体を回転させなかつたもの  
—は膜厚ムラが大きく、成膜速度を算出しなかつたもの

[0069]  
[Table 5]

第 5 表

試料 No.	22a	23a	24a	25a	26a	27a	28a	29a	30a
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0
軸方向膜厚ムラ (%)	9	8	8	6	9	9	12	13	17
周方向膜厚ムラ (%)	2	1	2	2	1	2	3	4	6
帯電能	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	△	×
画像濃度	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	△	×
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	12	24	41	56	73	82	74	70	65
試料 No.	22b	23b	24b	25b	26b	27b	28b	29b	30b
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0
軸方向膜厚ムラ (%)	9	9	7	7	8	9	12	14	18
周方向膜厚ムラ (%)	4	6	15	26	30	34	43	48	52
帯電能	○	○	△	×	×	×	×	×	×
画像濃度	○	○	△	×	×	×	×	×	×
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	11	23	41	—	—	—	—	—	—

※試料No. の a は基体を回転させたもの、b は基体を回転させなかつたもの  
—は膜厚ムラが大きく、成膜速度を算出しなかつたもの

第 6 表

試料 No.	32a	33a	34a	35a	36a	37a	38a	39a	40a
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0
軸方向膜厚ムラ (%)	8	6	6	5	8	8	9	10	13
周方向膜厚ムラ (%)	1	1	1	1	2	1	2	2	2
帯電能	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	△
画像濃度	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	△
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	11	25	39	58	74	83	72	69	67
試料 No.	32b	33b	34b	35b	36b	37b	38b	39b	40b
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0
軸方向膜厚ムラ (%)	7	8	6	5	6	6	8	12	15
周方向膜厚ムラ (%)	2	2	1	2	2	3	2	2	2
帯電能	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	△
画像濃度	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	△
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	11	23	40	59	72	82	72	70	68

※試料No. の a は基体を回転させたもの、b は基体を回転させなかつたものの

第 7 表

表 面 保 護 層	S i H <sub>4</sub>	1 0 0	sccm
	H <sub>2</sub>	1 0 0	sccm
	C H <sub>4</sub>	5 0 0	sccm
	投入電力		
	カソード103A	1 6 0	W
	カソード103B	4 8 0	W
	カソード103C	1 6 0	W
	反応圧力		
	膜 厚	50 mTorr	
光 導 電 層			1 μ m
電 荷 注 入 阻 止 層	S i H <sub>4</sub>	5 0 0	sccm
	H <sub>2</sub>	3 0 0	sccm
	投入電力		
	カソード103A	2 0 0	W
	カソード103B	6 0 0	W
	カソード103C	2 0 0	W
	反応圧力		
	膜 厚	50 mTorr	
	S i H <sub>4</sub>	5 0 0	sccm
H <sub>2</sub>			3 0 0 sccm
N O			1 0 sccm
B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>			2 0 0 0 ppm
投入電力			
カソード103A			1 6 0 W
カソード103B			4 8 0 W
カソード103C			1 6 0 W
反応圧力			50 mTorr
膜 厚			1 μ m

[0072]

[Effect of the Invention] On the front face of a cylindrical base, also about the shaft orientations of this cylindrical base, and which direction of a hoop direction, thickness is very uniform, and, according to the plasma-CVD method and plasma-CVD equipment of this invention, membranous quality can stabilize for it and form the quality deposition film as explained above. And it is stabilized and the deposition film excellent in especially electrophotographic properties can be formed. Furthermore, loss of the high-frequency power accompanying the increment in a frequency of an RF generator is prevented, and since the plasma may be occurred efficiently, the deposition film can be formed at high speed.

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

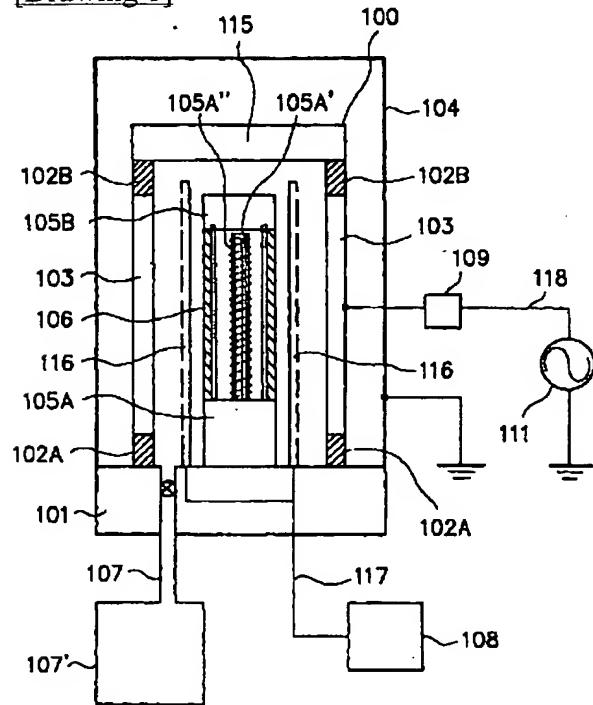
JPO and NCIPPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

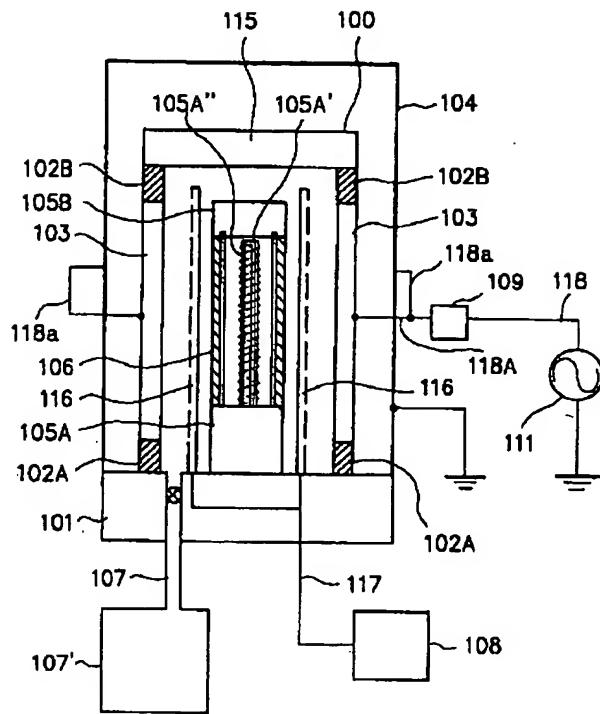
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

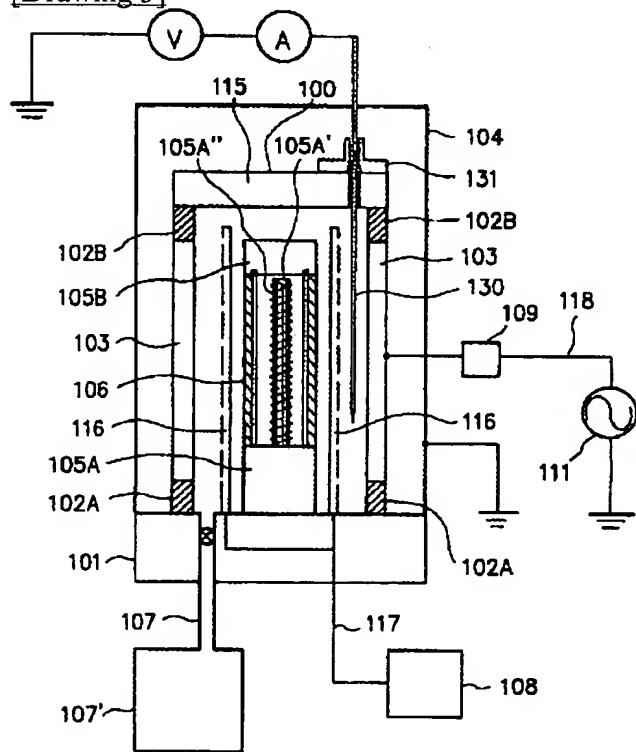
**DRAWINGS**

---

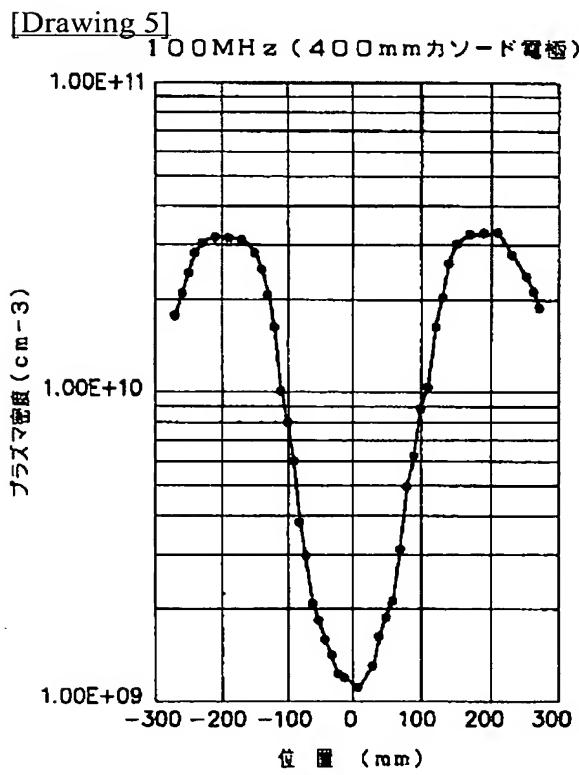
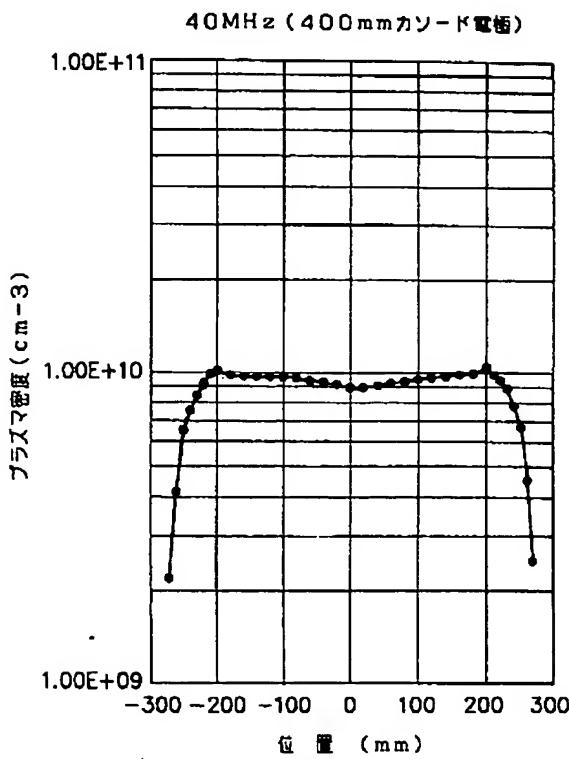
**[Drawing 1]****[Drawing 2]**



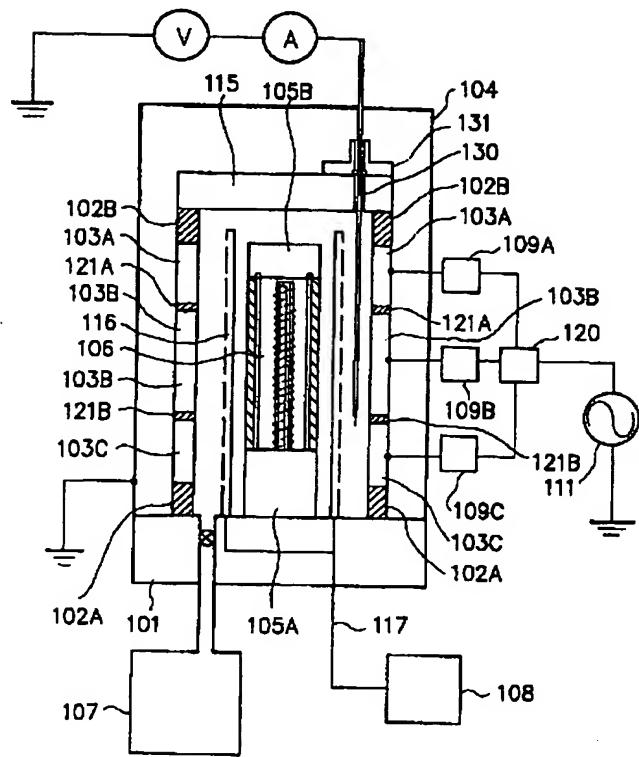
[Drawing 3]



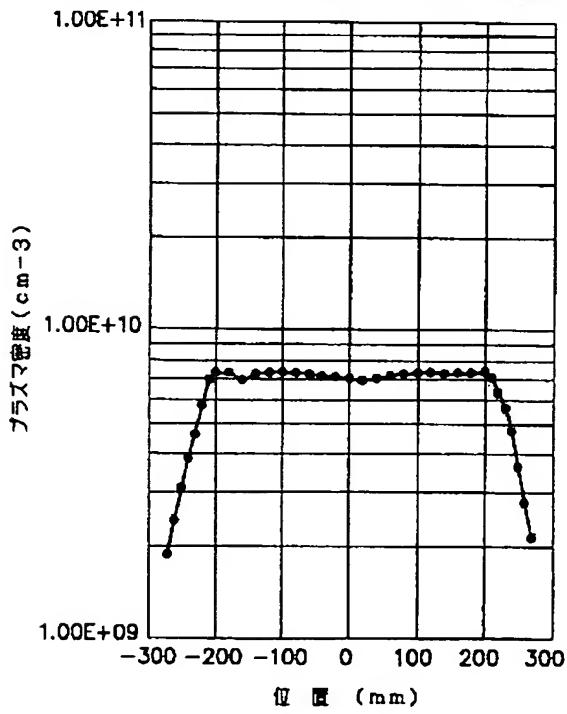
[Drawing 4]



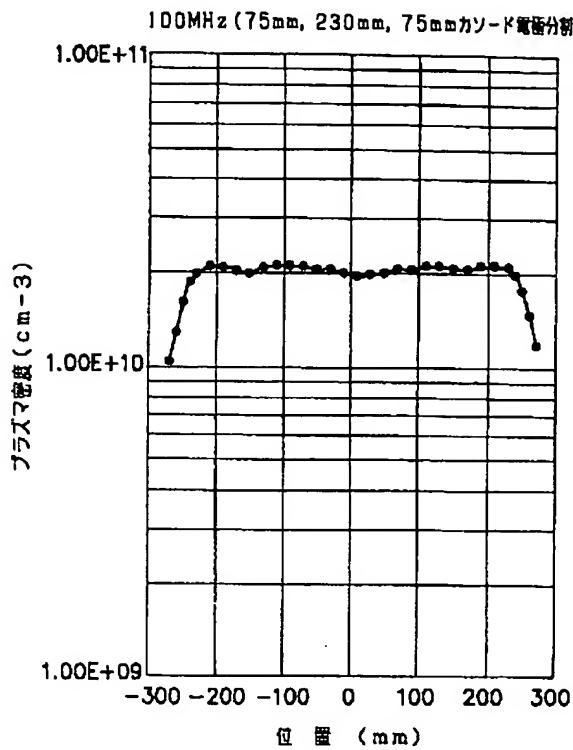
[Drawing 6]



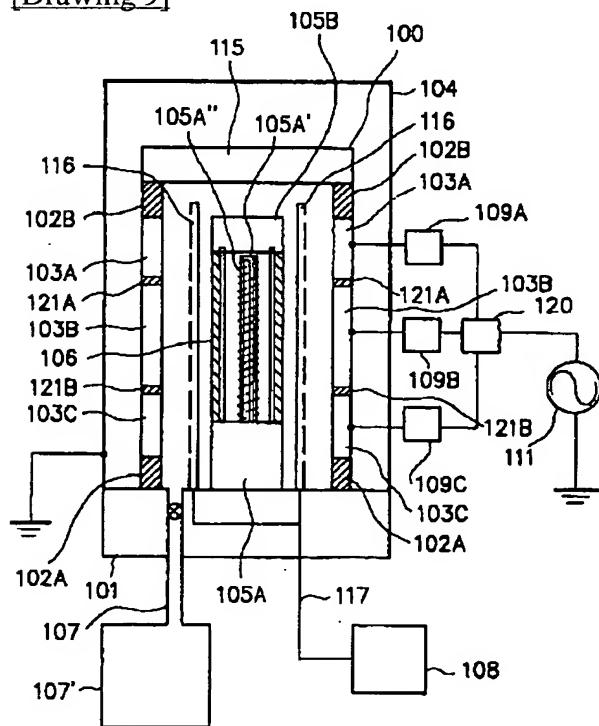
[Drawing 7]  
40MHz (75mm, 230mm, 75mmカソード電極分割)



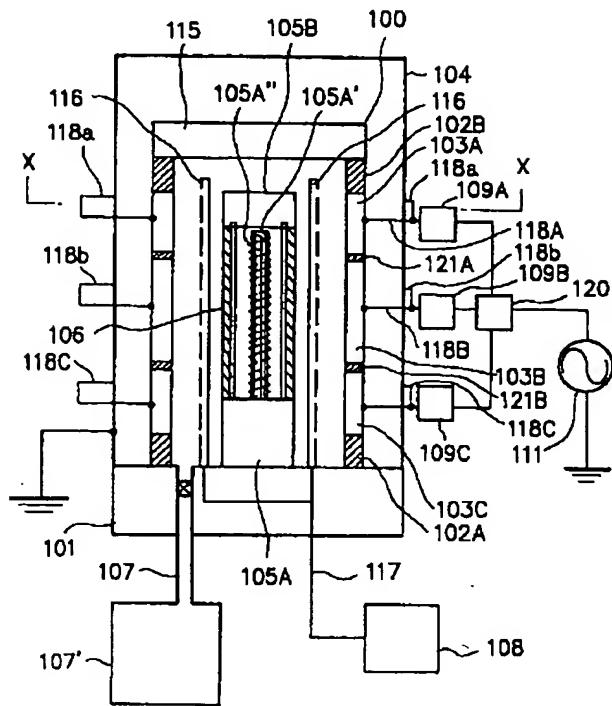
[Drawing 8]



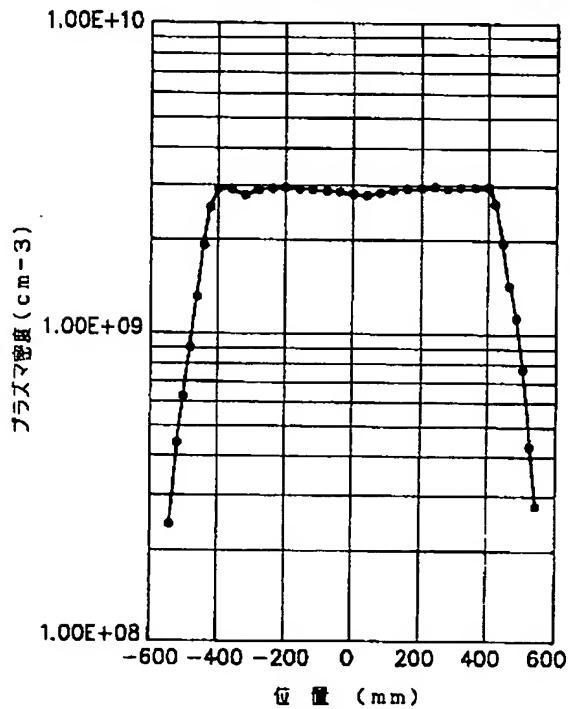
[Drawing 9]



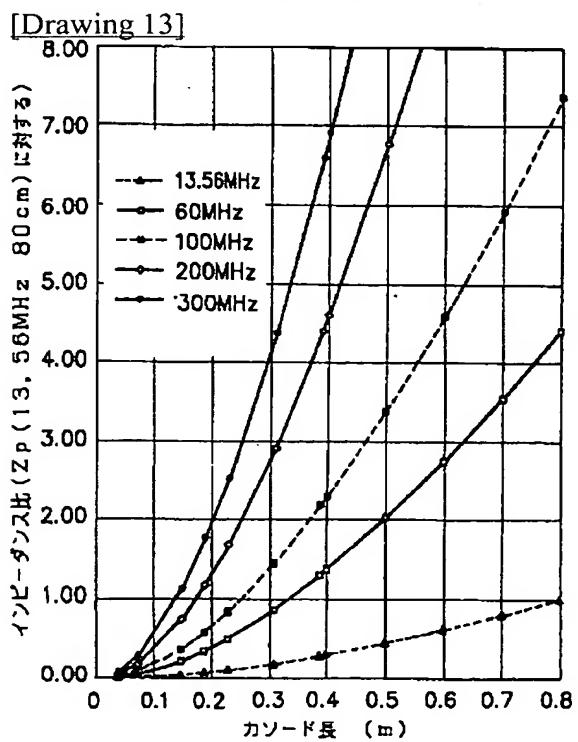
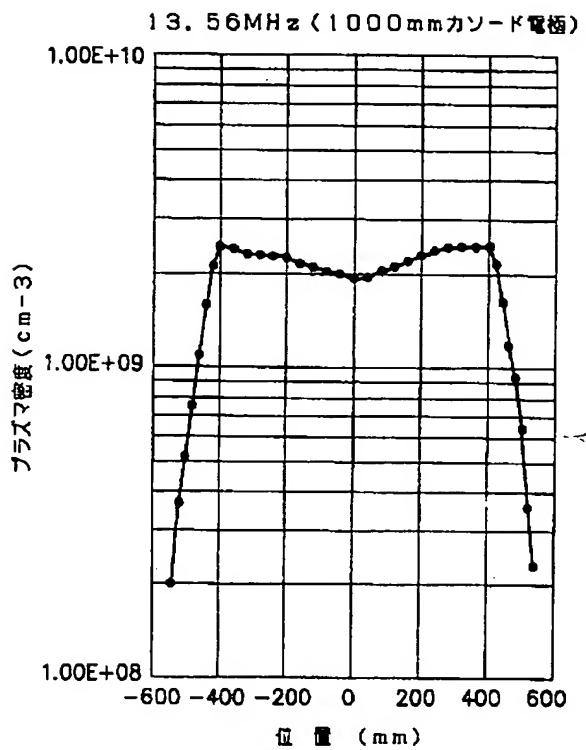
[Drawing 10]



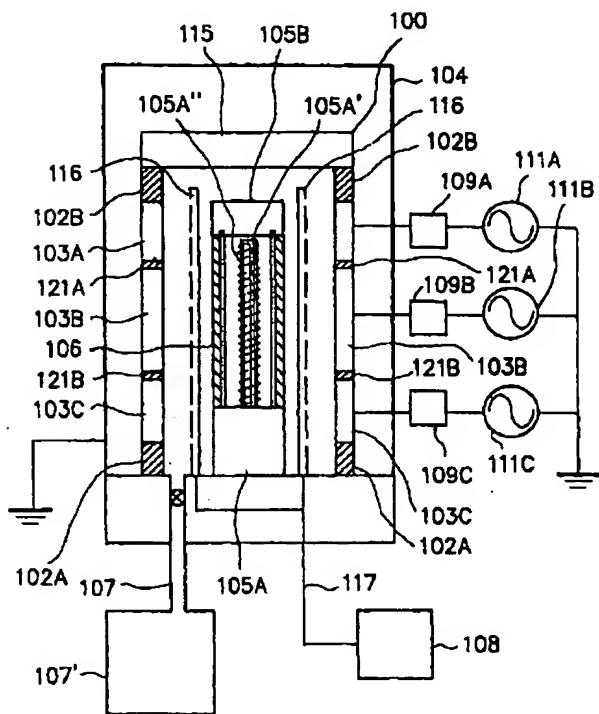
[Drawing 11]  
13. 56MHz (800mm カソード電極)



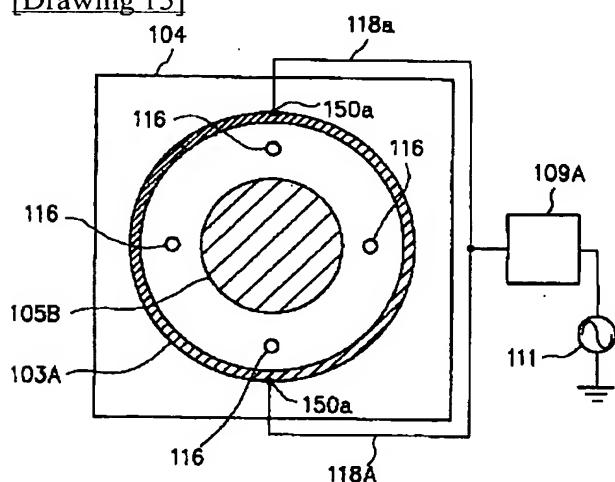
[Drawing 12]



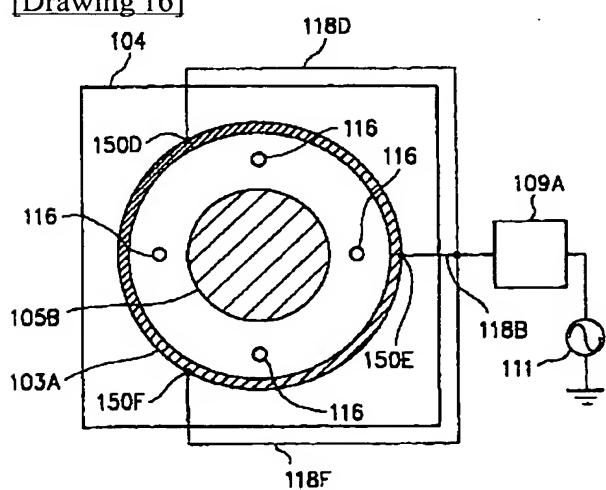
[Drawing 14]



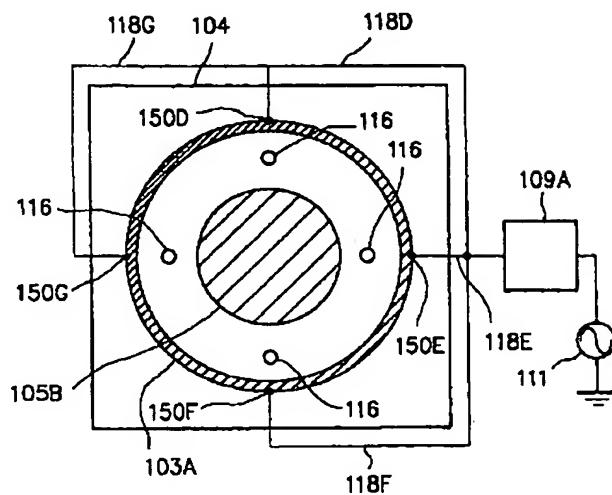
### [Drawing 15]



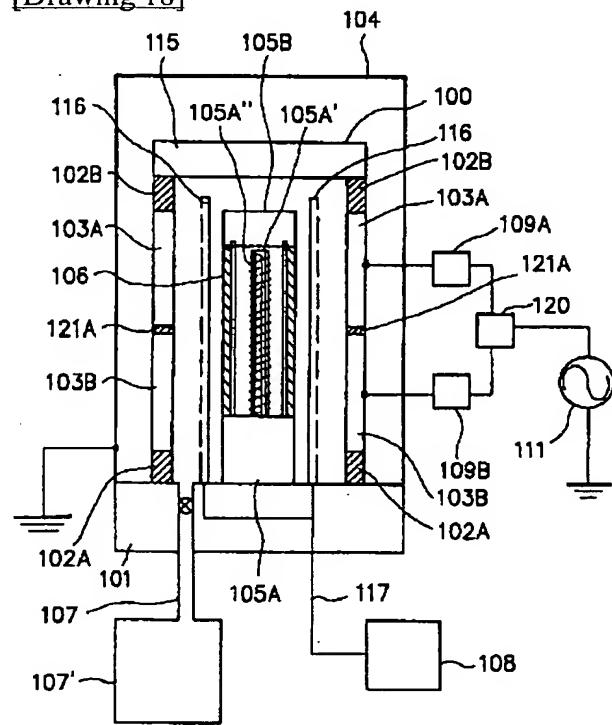
[Drawing 16]



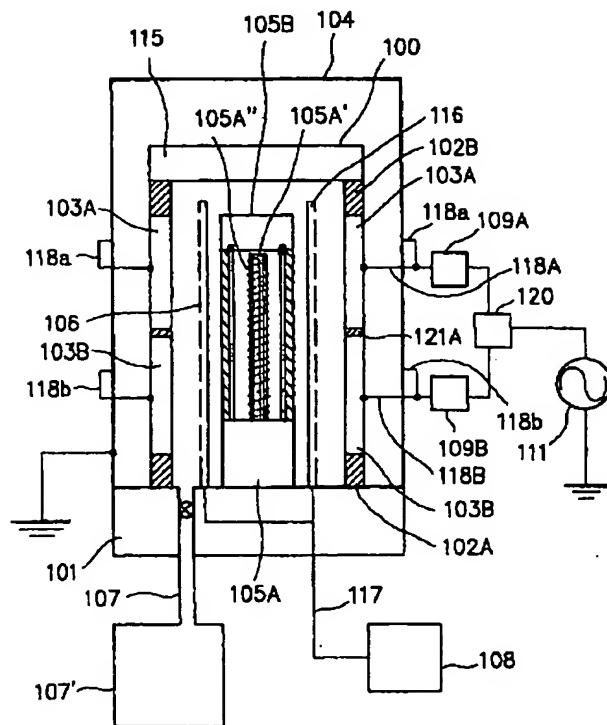
[Drawing 17]



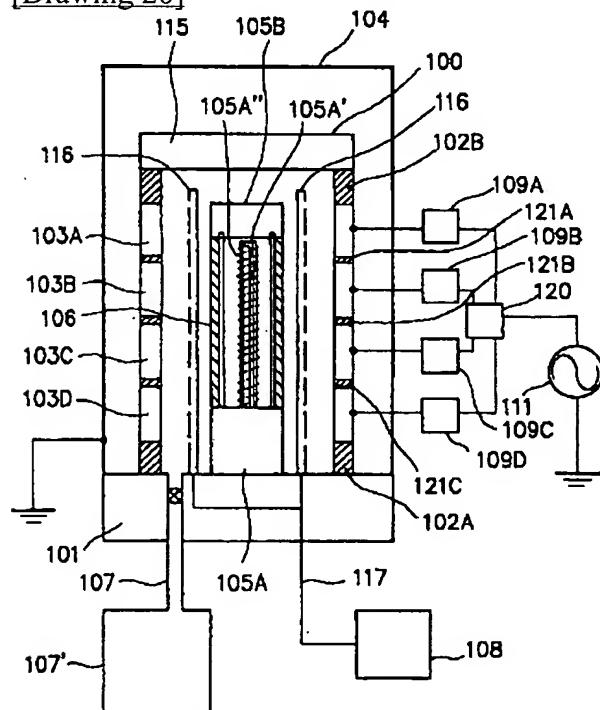
[Drawing 18]



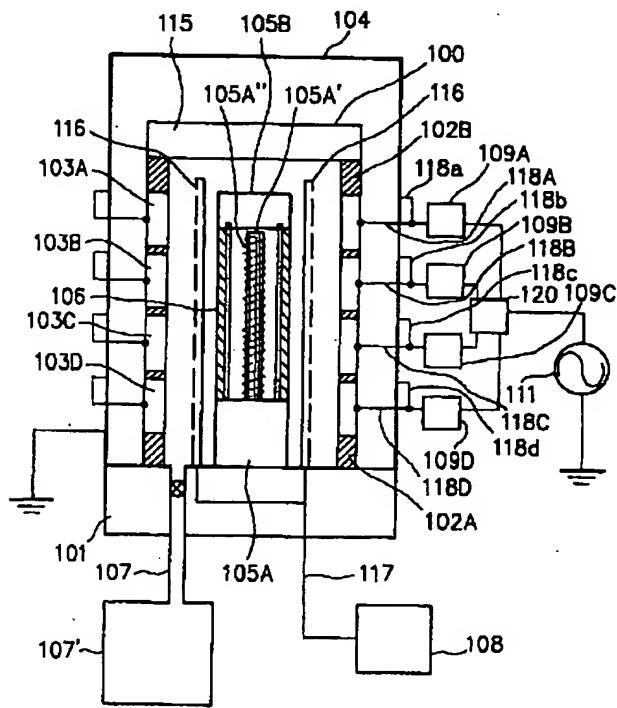
[Drawing 19]



[Drawing 20]



[Drawing 21]



---

[Translation done.]

特開平6-342764

(43)公開日 平成6年(1994)12月13日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

F I

H01L 21/205

C23C 16/24

16/50

16/52

H01L 21/31

C

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全24頁)

(21)出願番号 特願平6-51776

(22)出願日 平成6年(1994)3月23日

(31)優先権主張番号 特願平5-63973

(32)優先日 平5(1993)3月23日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 山上 敦士

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ

ン株式会社内

(72)発明者 岡村 信行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ

ン株式会社内

(72)発明者 高木 智

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ

ン株式会社内

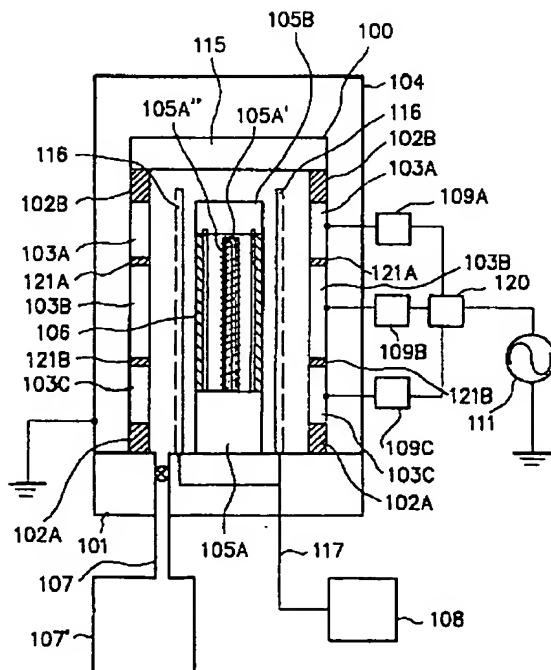
(74)代理人 弁理士 丸島 儀一

(54)【発明の名称】超短波を用いたプラズマCVD法及び該プラズマCVD装置

## (57)【要約】

【目的】円筒状基体の表面上に該円筒状基体の軸方向、及び周方向のいずれの方向に関しても、膜厚が極めて均一で且つ均質膜質である高品質な堆積膜を高速度で形成し得るVHF領域の高周波を使用するプラズマCVD法を提供すること。

【構成】カソード電極が、円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割されており、該分割されたカソード電極のそれぞれに高周波電力供給手段を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給して反応容器内にプラズマを生起させ堆積膜を形成することを特徴とするVHFプラズマCVD法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 減圧下の反応容器内に成膜用の原料ガスを供給し、前記反応容器内に配される回転可能な円筒状基体の周囲に設けられたカソード電極にVHF帯高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するVHFプラズマCVD法であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割されており、該分割されたカソード電極のそれぞれに前記高周波電力供給手段を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給して前記反応容器内にプラズマを生起させ堆積膜を形成することを特徴とするVHFプラズマCVD法。

【請求項 2】 前記カソード電極に供給されるカソード電極の単位面積あたりの超短波エネルギーはそれぞれの電極についてほぼ等しくなるように制御される請求項1に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 3】 前記超短波エネルギーは、前記カソード電極の単位面積あたり $0.001\text{W/cm}^2 \sim 10\text{W/cm}^2$ の範囲で供給される請求項1に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 4】 前記堆積膜を形成する際の前記反応容器内の圧力は、5Torr以下に維持される請求項1に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 5】 前記円筒状基体は、20℃～500℃の温度に保持される請求項1に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 6】 前記堆積膜は、シリコン系の堆積膜である請求項1に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 7】 前記堆積膜は、電子写真感光体用のものである請求項6に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 8】 減圧下の反応容器内に成膜用の原料ガスを供給し、前記反応容器内に配される回転可能な円筒状基体の周囲に設けられたカソード電極にVHF帯高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するVHFプラズマCVD法であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割され、該分割された各カソード電極のそれぞれに前記高周波電力供給手段を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給するようにしたことを特徴とするプラズマCVD装置。

【請求項 9】 前記カソード電極に供給されるカソード電極の単位面積あたりの超短波エネルギーはそれぞれの電極についてほぼ等しくなるように制御される請求項8に記載のVHFプラズマCVD法。

10

20

30

40

50

【請求項 10】 前記超短波エネルギーは、前記カソード電極の単位面積あたり $0.001\text{W/cm}^2 \sim 10\text{W/cm}^2$ の範囲で供給される請求項8に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 11】 前記堆積膜を形成する際の前記反応容器内の圧力は、5Torr以下に維持される請求項8に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 12】 前記円筒状基体は、20℃～500℃の温度に保持される請求項8に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 13】 前記堆積膜は、シリコン系の堆積膜である請求項8に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 14】 前記堆積膜は、電子写真感光体用のものである請求項12に記載のVHFプラズマCVD法。

【請求項 15】 減圧できる反応容器、該反応容器内に堆積膜形成用の原料ガスを供給する原料ガス供給手段、前記反応容器内に配された回転可能な基体保持手段、前記基体保持手段に配される円筒状基体をとり囲むように設けられたカソード電極及びVHF帯高周波電源を有し、前記VHF帯高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して前記カソード電極に供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するプラズマCVD装置であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割され、該分割された各カソード電極のそれぞれに前記高周波電力供給手段を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給するようにしたことを特徴とするプラズマCVD装置。

【請求項 16】 前記分割されたカソード電極は、円筒状である請求項15に記載のプラズマCVD装置。

【請求項 17】 前記分割されたカソード電極の長さは330mm以下である請求項15に記載のプラズマCVD装置。

【請求項 18】 前記超短波エネルギーは、電力分配器により複数に分割されて前記分割されたカソード電極に供給される請求項15に記載のプラズマCVD装置。

【請求項 19】 減圧できる反応容器、該反応容器内に堆積膜形成用の原料ガスを供給する原料ガス供給手段、前記反応容器内に配された基体保持手段、前記基体保持手段に配される円筒状基体をとり囲むように設けられたカソード電極及びVHF帯高周波電源を有し、前記VHF帯高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して前記カソード電極に供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するプラズマCVD装置であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割され、該分割された各カソード電極のそれぞれが独立して高周波電力供給手段に接続する複数の接続点を有し、それら複数の接続点を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給して前記反応容器内にプラズマを生起させ堆積膜を形成することを特徴とするVHFプラズマCVD法。

数の接続点を介して周波数  $60\text{MHz} \sim 300\text{MHz}$  の範囲の超短波エネルギーを各カソード電極に供給するようとしたことを特徴とするプラズマCVD装置。

【請求項20】 前記接続点は、前記円筒状基体を中心にして対称となる位置に配された請求項19に記載のプラズマCVD装置。

【請求項21】 前記分割されたカソード電極は、円筒状である請求項19に記載のプラズマCVD装置。

【請求項22】 前記分割されたカソード電極は、高さが  $330\text{mm}$  以下である請求項21に記載のプラズマCVD装置。 10

【請求項23】 前記超短波エネルギーは、電力分配器により複数に分割されて前記分割されたカソード電極に供給される請求項19に記載のプラズマCVD装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、均質にして均一膜厚の大面積堆積膜の形成を高堆積速度で達成できる超短波を使用するプラズマCVD法及び該プラズマCVD法を実施するに適したプラズマCVD装置に関する。より詳細には本発明は、従来のRFプラズマCVD法において使用される周波数領域よりは高い領域の周波数を使用して比較的高い堆積速度で、電子写真感光体等の大面積を有するデバイス用の大面積堆積膜を均一膜厚で且つ均質膜質で形成することを可能にするプラズマCVD法及び該プラズマCVD法を実施するに適したプラズマCVD装置に関する。 20

##### 【0002】

【従来の技術】 近年、半導体デバイスの製造においては、いわゆるRFプラズマCVD法が繁用されている。当該RFプラズマCVD法においては、 $13.56\text{MHz}$  の高周波が電波法に基づく観点から一般的に使用されている。RFプラズマCVD法は、放電条件の制御が比較的容易であり、得られる膜の膜質が優れているといった利点を有するが、ガスの利用効率が低く、堆積膜の形成速度が比較的小さいといった問題がある。この問題を解決するについて、周波数  $2.45\text{GHz}$  のいわゆるマイクロ波を用いたマイクロ波CVD法が提案されている。マイクロ波CVD法は、ガスの利用効率が高く、堆積膜の形成速度を格段に大きくできるという利点があるものの、成膜時のプラズマ密度が極めて高くそれが故に原料ガスの分解が急激になされて膜堆積が高速で行われることから、緻密な堆積膜の形成を安定して行うのは極めて難しいという問題がある。 40

【0003】 こうした背景から、最近  $13.56\text{MHz}$  より高い周波数の  $30\text{MHz} \sim 150\text{MHz}$  程度の所謂VHF領域の超短波を用いたプラズマCVD法についての検討がなされてきている。例えば Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol 7, No 3, (1987) p 267 50

-273 (以下、「文献1」という。) には、容積結合型のグロー放電分解装置を使用して原料ガス(シランガス)を周波数  $25 \sim 150\text{MHz}$  の超短波エネルギーで分解してアモルファスシリコン(a-Si)膜を形成することが記載されている。具体的には、文献1には、周波数を  $20\text{MHz} \sim 150\text{MHz}$  の範囲で変化させて a-Si 膜の形成を行い、 $70\text{MHz}$  を使用した場合、膜堆積速度が、 $21\text{\AA/sec}$  と最も大きくなり、これは上述のRFプラズマCVD法の場合の5~8倍程度形成速度であること、及び得られる a-Si 膜の欠陥密度、光バンドギャップ及び導電率は、励起周波数によってはあまり影響を受けないことが記載されている。しかし文献1に記載の成膜は実験室規模のものであり、大面積の膜の形成においてこうした効果が期待できるか否かについて全く触れるところはない。因に文献1には、高周波( $13.56\text{MHz} \sim 200\text{MHz}$ )の使用は、数  $\mu\text{m}$  の厚さの要求される低コストの大面積 a-Si : H 薄膜デバイスの高速プロセッシングに興味ある展望を開くとして、単に可能性を示唆するにとどまっている。この点は、後述する本発明者らが行った実験結果から明らかのように、所謂VHF領域の超短波エネルギーの使用はガスの高分解効率と高堆積速度をもたらしはするものの、実用に供し得る大面積堆積膜の形成は難しいことである。また、特開平3-64466号公報(以下、「文献2」という。)には、 $20\text{MHz}$  以上(好適には  $30\text{MHz} \sim 50\text{MHz}$ )の超短波エネルギーを使用して円筒状基体上にアモルファスシリコン系半導体膜を形成する方法が開示されている。具体的には、原料ガスを反応室内に導入し、該反応室を  $10^{-4} \sim 0.2\text{ Torr}$  のガス圧に設定し、前記原料ガスの流量に対する比率で  $0.1 \sim 10\text{w/sec cm}$  に相当する量の超短波エネルギーを前記反応室に導入して、グロー放電を発生させ、アモルファスシリコン系半導体膜を形成する方法が開示されている。文献2の方法によれば、成膜速度  $10\mu\text{m}/hour$  以上が得られ、得られる堆積膜の膜厚のムラを  $20\%$  以下に小さくできるとされている。

##### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、文献2の方法では上述した周波数領域を越える周波数の超短波エネルギーを使用して上述した膜堆積速度の膜堆積速度を達成しようとしても満足のゆく結果は得られない。即ち、後述するように本発明者らは、周波数  $40\text{MHz}$  以上の高周波電源を用いて文献2に記載の方法を実施してみたところ、周波数  $60\text{MHz}$  以上の場合、円筒状基体の軸方向及び周方向のそれについて堆積膜の膜厚にはムラが生じ、良質の膜を高堆積速度で得ることはできないことが判明した。

【0005】 本発明の主たる目的は、従来技術における上述した問題点を解決し、円筒状基体の表面上に該円筒状基体の軸方向、及び周方向のいずれの方向に関して

も、膜厚が極めて均一で且つ均質膜質である高品質な堆積膜を高速度で形成し得るVHF領域の高周波を使用するプラズマCVD法（以下、“VHFプラズマCVD法”という）を提供することにある。

【0006】本発明の更なる目的は、高周波電源の周波数増加に伴う高周波電力の損失を防止し、効率的にプラズマを生起し得るVHFプラズマCVD法を提供することにある。

【0007】本発明の他の目的は、円筒状基体の周囲に設けられたカソード電極が、円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割されており、該分割されたカソード電極のそれぞれに高周波電力供給手段を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給して反応容器内にプラズマを生起させ円筒状基体上に堆積膜を形成するVHFプラズマCVD法を提供することにある。

【0008】本発明の更に別の目的は、円筒状基体をとり囲むカソード電極が、円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割され、該分割された各カソード電極のそれぞれに高周波電力供給手段を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給するようにしたプラズマCVD装置を提供することにある。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成する本発明のVHFプラズマCVD法は、次の2つの態様を包含する。即ち、本発明の第1の態様は、減圧下の反応容器内に堆積膜形成用の原料ガスを供給し、前記反応容器内に配される回転可能な円筒状基体の周囲に設けられたカソード電極にVHF帶高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するVHFプラズマCVD法であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割されており、該分割されたカソード電極のそれぞれに前記高周波電力供給手段を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給して前記反応容器内にプラズマを生起させ前記円筒状基体上に堆積膜を形成することを特徴とするものである。

【0010】本発明の第2の態様は、減圧下の反応容器内に堆積膜形成用の原料ガスを供給し、前記反応容器内に配される回転可能な円筒状基体の周囲に設けられたカソード電極にVHF帶高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するVHFプラズマCVD法であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割されており、該分割されたカソード電極のそれぞれが独立して高周波電力供給手段に電気的に接続する複数の接続点を有し、それら複数の接続点を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを各カソード電極に供給するようにしたことを特徴とするものである。

の接続点を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給して前記反応容器内にプラズマを生起させ前記円筒状基体上に堆積膜を形成することを特徴とするものである。

【0011】本発明は、上記プラズマCVD法を実施するに適したプラズマCVD装置を包含する。即ち、本発明のプラズマCVD装置は、以下の2つの態様を包含する。即ち、第1の装置態様は、減圧できる反応容器、該反応容器内に堆積膜形成用の原料ガスを供給する原料ガス供給手段、前記反応容器内に配された回転可能な基体保持手段、前記基体保持手段に配される円筒状基体をとり囲むように設けられたカソード電極及びVHF帶高周波電源を有し、前記VHF帶高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して前記カソード電極に供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するプラズマCVD装置であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割され、該分割された各カソード電極のそれぞれに前記高周波電力供給手段を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給するようにしたことを特徴とするものである。

【0012】第2の装置態様は、減圧できる反応容器、該反応容器内に堆積膜形成用の原料ガスを供給する原料ガス供給手段、前記反応容器内に配された基体保持手段、前記基体保持手段に配される円筒状基体をとり囲むように設けられたカソード電極及びVHF帶高周波電源を有し、前記VHF帶高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して前記カソード電極に供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するプラズマCVD装置であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割され、該分割された各カソード電極のそれぞれが独立して高周波電力供給手段に電気的に接続する複数の接続点を有し、それら複数の接続点を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを各カソード電極に供給するようにしたことを特徴とするものである。

【0013】本発明によれば、円筒状基体の表面上に該円筒状基体の軸方向、及び周方向のいずれの方向に関しても、膜厚及び膜質が極めて均一である高品質の堆積膜を高堆積速度で安定して形成することができる。一般に成膜に使用する高周波電力についてその周波数を増大する場合、その増大に伴って当該高周波エネルギーの損失が増大するが、本発明においてはかなり大きい周波数領域の超短波エネルギーを使用するにも拘らず、そうしたエネルギー損失は極めて少なく、効率的に原料ガスが分解されて所望のプラズマが生起するので所望の堆積膜を高速度で形成することができる。

【0014】本発明者らは、従来のVHFプラズマCVD技術における上述した問題を解決し、上述した本発明の目的を達成すべく下述する実験を行った。本発明は、該実験を介して得られた後述する知見に基づいて完成したものである。

【0015】(実験-1) 上述した文献2(特開平3-64466号公報)に記載された技術に基づいて実験を行った。即ち、種々の周波数の高周波電源を用いて複数のアモルファスシリコン膜を感光層とする電子写真感光体を作製した。それぞれの電子写真感光体の作製において高周波電源の周波数が堆積膜の膜厚のムラ、成膜速度に及ぼす影響について観察した。また、得られた電子写真感光体の特性について観察した。それぞれの電子写真感光体は、図1に示すプラズマCVD装置を共用して作製した。図1において、100は反応容器を示す。反応容器100は、ベースプレート101と、該ベースプレート101上に配された円筒状の絶縁部材102A、円筒状(内径208mm、長さ400mm)のカソード電極103、及び円筒状の絶縁部材102Bからなる。115は反応容器100の上蓋である。105Aは基体ホルダーであり、該基体ホルダーは内部にヒーター支柱105A'を有している。105A"は、ヒーター支柱105A'取りつけられた基体加熱用ヒーターである。106は、基体ホルダー105A上に配設された円筒状基体である。105Bは円筒状基体106の補助保持部材である。基体ホルダー105Aは、その内部にモーターに連結した回転機構(図示せず)を備えていて、必要により回転できるようにされている。107は、排気バルブを備えた排気パイプであり、該排気パイプは、真空ポンプを備えた排気機構107'に連通している。108は、ガスボンベ、マスフローコントローラー、バルブ等で構成された原料ガス供給系である。原料ガス供給系108は、ガス供給パイプ117を介して複数のガス放出孔を備えたガス放出パイプ116と接続している。原料ガスはガス放出パイプ116の複数のガス放出孔を介して反応容器内に供給される。111は高周波電源である。高周波電源111からの高周波電力は高周波電力供給線118及び整合回路109を介してカソード電極103に供給される。104はシールド壁である。

【0016】本実験では、直径108mm、長さ358mm、厚さ5mmのA1製円筒状基体を18本用意した。図1に示したプラズマCVD装置を使用し、それぞれのA1製基体上に第1表及び第2表に示す条件で、電荷注入阻止層、光導電層及び表面保護層をこの順序で形成し、電子写真用感光体を作製した。この手法で18個の電子写真感光体(試料No. 1a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8b, 9a, 9b及び10a)を作製した。これら電子写真感光体試料の中、“a”の記号を付したものは、成膜時円筒状基体を回転させたものであり、

“b”の記号を付したものは、成膜時円筒状基体を回転させなかつたものである。A1製円筒状基体106を基体ホルダー105A上に配置した後、反応容器100内を排気機構107'を作動して排気し、反応容器100内を $1 \times 10^{-6}$ Torrの圧力に調整した。ついで、ヒーター105"に通電して円筒状基体106を250°Cの温度に加熱保持した。ついで第1表の電荷注入阻止層の欄に示す条件で電荷注入阻止層の形成を行った。即ち、原料ガス供給手段108からがガス供給パイプ117及びガス放出パイプ116を介して、SiH<sub>4</sub>ガス、H<sub>2</sub>ガス、NOガス、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスをそれぞれ、500sccm、10scdm、10scdm、2000ppmの流量で反応容器内に導入し、該反応容器内を50mTorr或は500mTorrの圧力に調整した。こうしたところで、高周波電源111により第2表に示す周波数13.56MHz乃至350MHzの高周波を発生させ、該高周波を高周波電力供給線118及び整合回路109を介してカソード電極103に供給した。ここで高周波電源111としては上述した範囲の周波数が与えられるよう、所定の高周波電源を用いた。整合回路109は、当該高周波電源の周波数に応じて適宜調整した。かくして円筒状基体106とカソード電極103で囲まれた空間において、上記原料ガスは高周波エネルギーにより励起されて分解し、円筒状基体106上に電荷注入阻止層としてのアモルファスシリコン膜(a-Si:H:N:O:B膜)が約1μmの厚みで形成された。次いで同様の手法で第1表の光導電層の欄に示す条件で約25μm厚のa-Si:H膜からなる光導電層を形成し、引き続いて第1表の表面保護層の欄に示す条件で約1μm厚のa-SiC:H膜からなる表面保護層を形成し、電子写真感光体を作製した。上記成膜操作は、第2表に示すように、それぞれの電子写真感光体試料に対応して周波数及び成膜時の反応容器内圧を変えて繰り返し行った。また符号“a”を付した試料の作製においては回転機構を作動させて、円筒状基体を回転させた。符号“b”を付した試料の作製においては、円筒状基体の回転は行わなかった。

【0017】また、試料2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8b, 9a, 及び9bのそれぞれについては、2つの試料を作製した。これら試料の一方は膜厚分布の評価に使用し、他の試料は電子写真特性の評価に使用した。

【0018】周波数13.56MHzを使用した試料1aの成膜においては、50mTorrの成膜時圧力では放電が断続的に生起し成膜は行えなかつた。こうしたことから試料2a及び2bの場合、成膜時圧力を500mTorrとして成膜を行つた。試料2a, 2b乃至試料9a, 9bについては第1表に示した条件で成膜がなされた。試料10aの成膜においては、試料1aの場合と同様で放電が断続的に生起し成膜は行えなかつた。試料

2 a, 2 b 乃至試料 9 a, 9 b の各々については、基体 106 の軸方向に 33 mm おきに線を引き、周方向に 3 2 mm おきに線を引いた場合の交点 100箇所について 漏電流式膜厚計 (Kett 科学研究所製) を使用して膜厚を測定し、膜厚の分布状態を評価した。ここで膜厚の分布状態の評価は、次のようにして行った。即ち、軸方向の膜厚分布については、軸方向 1 列の測定点 10 箇所における膜厚の最大値と最小値との差を求め、該差を 10 箇所の平均膜厚値で割り、1 列あたりの膜厚分布 { (最大値 - 最小値) / 平均値 } を求めた。ついで他の 9 列についても同様に 1 列あたりの膜厚分布を求め、得られた 10 列の膜厚分布の平均値を算出し、これを軸方向の膜厚分布 (即ち、膜厚ムラ) として百分率で第 3 表に示した。周方向の膜厚分布については、周方向 1 行の測定点 10 箇所における膜厚の最大値と最小値との差を求め、該差を 10 箇所の平均膜厚値で割り、1 行あたりの膜厚分布 { (最大値 - 最小値) / 平均値 } を求めた。ついで他の 9 行についても同様に 1 行あたりの膜厚分布を求めた。得られた 10 行の膜厚分布の平均を周方向の膜厚分布 (即ち、膜厚として百分率で示した。成膜速度については、膜厚分布の値が 20 % を越えるものについては、算出をしなかった。膜厚分布 (膜厚ムラ) の値が 20 % 以下のものについては、100 箇所における膜厚に基づいて算出し、得られた値の平均値を成膜速度として第 3 表に示した。更に、試料 2 a, 2 b 乃至試料 9 a, 9 b については、これら試料を電子写真複写装置 (キヤノン (株) 製 NP6060 を実験用に改造したもの) に搭載し、帶電能、得られる画像について評価した。得られた結果を第 3 表に示す。この際のそれぞれの評価項目についての評価は以下の基準で行った。

【0019】帶電能評価：試料を電子写真複写装置に搭載し、帶電器に +6 KV の電圧を印加してコロナ帶電を行い、表面電位計により、試料表面の暗部表面電位を測定した。この際の測定は、上述した膜厚分布の評価の場合と同様にして、計 100 箇所について行い、得られて測定結果から平均値を求め、該平均値から最も離れた値を下記の基準で評価した。

◎ : 10 V 以下であり、非常に優れた均一性である。

△ : 20 V 以下であり、良好な均一性である。

△ : 30 V 以下であり、実用上問題なし。

× : 30 V を越える場合であり、均一性に劣っていて高速の複写装置に用いる場合には、不十分である。

【0020】画像評価：全面ハーフトーンの原稿 (キヤノン (株) 製ハーフトーンテストチャート FY9-9042) を原稿台に置き、画像形成を行って画像サンプルを得、得られた画像について以下の評価基準で評価した。

◎ : 濃度むらはなく優れた画像である。

△ : 僅かに濃度むらはあるものの良好な画像である。

△ : 全体に濃度むらはあるものの採用に価する画像であ

る。

× : 濃度むらが著しく採用に価しない画像である。

【0021】以上の実験より、以下のことが判明した。即ち、(i) 基体を回転させて成膜を行った場合、軸方向の膜厚ムラは電源周波数を 40 MHz よりも大きくすると周波数に依存して大きくなるが、周方向の膜厚ムラは電源周波数に依存せずに小さく抑えられる；(ii) 基体を回転させずに成膜を行った場合、軸方向の膜厚ムラ及び周方向の膜厚ムラとも電源周波数を 40 MHz よりも大きくすると周波数に依存して大きくなる；(iii) 基体を回転させるか否かにかかわらず、電源周波数が 40 MHz を越えると得られる電子写真用感光体の画像特性は悪化する。

【0022】(実験-2) 本実験は実験-1 で得られた結果に鑑みて、使用する高周波電力の周波数を 40 MHz よりも大にした場合であっても、成膜される堆積膜に膜厚むらが生ぜず、該堆積膜からなる電子写真用感光体が帶電能及び複写画像について満足のゆくものとなる可能性を見極める観点で行った。本実験では、実験-1 で使用したプラズマ CVD 装置においてカソード電極に高周波電力を供給する高周波電力供給線とカソード電極との接点を複数にし、該複数の接点よりカソード電極に電力が供給されるように変更したプラズマ CVD 装置を用いて成膜を行った。本実験で用いたプラズマ CVD 装置は、図 2 に示す構成のものである。図 2 に示したプラズマ CVD 装置は、高周波電源 118 で発生した高周波電力をカソード電極 103 に供給する高周電力供給線 118 が整合回路 109 よりもカソード電極 103 側で 118 A と 118 a の 2 つに分岐しており、118 A とカソード電極 103 との接点及び 118 a とカソード電極 103 との接点の 2 箇所よりカソード電極 103 に電力が供給されるようにした以外は図 1 に示したプラズマ CVD 装置と同じ構成である。図 1 のプラズマ CVD 装置と同一の構成部分については説明を省略する。なお、高周電力供給線 118 A とカソード電極 103 との接点及び高周電力供給線 118 a とカソード電極 103 との接点は円筒状基体 106 を中心としてそれぞれ対称となる位置に設けた。本実験では、実験-1 で作製した試料 2 a, 2 b 乃至 9 a, 9 b の作製条件と同様の条件で試料の作製を行い、試料 12 a, 12 b 乃至 19 a, 19 b を得、これら試料について実験-1 と同様の評価を行った。得られた結果を第 4 表に示す。

【0023】第 4 表に示した結果から以下の事実が判明した。

【0024】即ち、(i) カソード電極への電力の供給を複数の点より行なうことにより基体の周方向の膜厚ムラは低く抑えられる；(ii) カソード電極への電力の供給を複数の接続点より行なうことで、電力供給を 1 点より行う場合 (第 3 表) に比べて軸方向の膜厚ムラは若干抑制されるが、基体を回転させるか否かに係わらず、電源

周波数が 4 0 M H z を越えると軸方向の膜厚ムラは電源周波数に依存して大きくなる ; (iii) 基体を回転させるか否かに係わらず、電源周波数 1 0 0 M H z 以上で作製した電子写真感光体の画像特性は十分なものではない。

【 0 0 2 5 】 ( 実験 - 3 ) 上述の実験 - 1 、及び実験 - 2 の結果に鑑みて、 4 0 M H z を越える周波数の高周波電源を用いた際に、円筒状基体の軸方向の膜厚のムラが大きくなる原因について本実験では検討した。本発明者らは、実験 - 1 及び実験 - 2 のそれぞれで使用したプラズマ C V D 装置において、円筒状基体の軸方向の膜厚のムラが大きくなる原因について次のように推測した。即ち、高周波電源よりカソード電極に供給される高周波電力は、所謂表皮効果よ (skin effect) り、カソード電極表面から薄い部分を介して供給されるため、カソード電極近傍部分のみを介して供給され、カソード電極の表面から深い部分は通らない。そして、高周波電源の周波数が大きくなると表皮効果は顕著となり、高周波電力は電極表面に極近の極めて薄い部分のみを通る。この場合、カソード電極の抵抗が大きくなり、高周波電力は更に伝わりづらくなる。この点は、当該技術分野において周知である。実験 - 1 及び実験 - 2 で使用したプラズマ C V D 装置においては、高周波電力供給線 1 1 8 が接続された円筒状カソード電極 1 0 3 の外周部より該電極の表面づたいに内周部に電力は供給される。そして供給される高周波電力が周波数が大きいものである場合には、それが円筒状基体 1 0 6 と対面する円筒状カソード電極 1 0 3 の内周中央部に到達する前に、該電力は円筒状基体 1 0 6 の上端部あるいは下端部の近傍で放電生起エネルギーとして使用されてしまう。したがって、円筒状基体の両端部近傍と中心部とではプラズマ密度に差が生じ、そのプラズマ密度の差が軸方向の膜厚ムラの原因となると考えられる。そこで本実験では、図 1 のプラズマ C V D 装置にプラズマ密度測定用のプローブ 1 3 0 を配した図 3 に示したプラズマ C V D 装置を用いて、円筒状基体 1 0 6 と円筒状カソード電極 1 0 3 とで囲まれる放電空間のプラズマ密度を種々の位置で測定した。図 3 において、 1 3 1 は、シールフランジである。 1 3 0 はプローブであり、上下方向に移動可能に設計されている。プラズマ密度 ( 電子密度  $N_e$  ) は、シングルプローブ法を用いて熱拡散電子電流  $I_{e\alpha}$  及び電子温度  $T_e$  を求め、次式により算出した。下記の式中の S はプローブの表面積を示す。

## 【 0 0 2 6 】

$$N_e = 3.73 \times 10^{11} \times I_{e\alpha} \div S \div T_e^{1/2}$$

本実験においては、周波数 4 0 M H z 及び 1 0 0 M H z の高周波電源を用い、周波数がプラズマ密度に与える影響について検討した。具体的には実験 - 1 における試料 3 a ( 周波数 4 0 M H z ) 及び試料 5 a ( 周波数 1 0 0 M H z ) と同様の条件で第 1 表に示される光導電層の形成を行い、該光導電層形成の間に、プローブ 1 3 0 を上

下に移動させ、円筒状基体 1 0 6 とカソード電極 1 0 3 で囲まれた放電空間のプラズマ密度を測定した。プローブの位置とプラズマ密度との関係を、図 4 及び図 5 にプロットして示す。図 4 及び図 5 においては、基体ホルダー 1 0 5 A を基準として、高さ 3 5 8 m m の円筒状基体 1 0 6 の 1 / 2 の高さの位置をゼロとし、これよりも上方をプラス、下方をマイナスにしている。図 4 から明らかなように周波数 4 0 M H z の高周波電源を使用した場合には、円筒状基体 1 0 6 が配された 3 5 8 m m 以上の範囲にわたって、比較的均一なプラズマ密度が得られていることが判る。これに対し、図 5 から明らかなように、周波数 1 0 0 M H z の高周波電源を使用した場合には、円筒状基体 1 0 6 が配された 3 5 8 m m の範囲内で、プラズマ密度にかなりの差が生じており、円筒状基体 1 0 6 の高さ 1 / 2 の位置 ( 即ち、ゼロの位置 ) 付近でプラズマ密度は最も小さくなっていることが判る。上記周波数 4 0 M H z の高周波電力を使用して形成された円筒状基体 1 0 6 上のシリコン膜と、上記周波数 1 0 0 M H z の高周波電力を使用して形成された円筒状基体上のシリコン膜のそれぞれについて膜厚分布を実験 - 1 におけると同様の手法で調べたところ、前者のシリコン膜は図 4 に示したプラズマ密度分布に依存していて比較的均一の膜厚分布であることが判った。また、後者のシリコン膜は、第 5 に示したプラズマ密度分布に依存していて不均一の膜厚分布であることが判った。

【 0 0 2 7 】 ( 実験 - 4 ) 実験 - 3 の結果に鑑み、本実験では表皮効果の影響が少なく、円筒状基体 1 0 6 と円筒状カソード電極 1 0 3 とで囲まれる放電空間におけるプラズマ密度のバラツキが小さいプラズマ C V D 装置を別途用いて検討を行った。本実験では、カソード電極を円筒状基体の軸方向に電気的に複数に分割し、分割された各々のカソード電極に高周波電力を供給できるプラズマ C V D 装置を作製し、該装置を用いて円筒状基体 1 0 6 と円筒状カソード電極 1 0 3 とで囲まれる放電空間のプラズマ密度を測定した。本実験で用いたプラズマ C V D は、図 6 に示す構成のものである。図 6 に示したプラズマ C V D 装置は図 3 に示したプラズマ C V D 装置を一部改造したものである。図 6 に示したプラズマ C V D 装置は、カソード電極が円筒状基体の軸方向に 1 0 3 A ( 高さ 7 5 m m ) 、 1 0 3 B ( 高さ 2 3 0 m m ) 、 1 0 3 C ( 高さ 7 5 m m ) の 3 つに電気的に分割されて構成されている。カソード電極 1 0 3 A とカソード電極 1 0 3 B との間、及びカソード電極 1 0 3 B とカソード電極 1 0 3 C との間には高さ 1 0 m m の絶縁部材 1 2 1 A と絶縁部材 1 2 1 B とが配されている。 1 2 0 は高周波電力分配器である。 1 0 9 A 、 1 0 9 B 、 1 0 9 C は整合回路である。高周波電源 1 1 1 で発生した高周波電力は、高周波電力分割手段 1 2 0 により 3 分割され、整合回路 1 0 9 A 、 1 0 9 B 、 1 0 9 C を介して、カソード

電極 109A、109B、109C に供給される。ここではカソード電極の単位面積あたりの電力供給量が、3つのカソード電極でほぼ等しくなるように電力を配分した。その他の構成は図 3 に示したプラズマ処理装置と同様である。本実験においては、図 6 に示したプラズマ処理装置に周波数 40 MHz および 100 MHz の高周波電源を接続して、実験-3 と同様の成膜を行い、実験-3 と同様にしてプラズマ密度を測定した。なお、光導電層の形成に際しては、カソード電極 103A 及び 103C にそれぞれ 200W を供給し、カソード電極 103B には 600W を供給した。プローブの位置とプラズマ密度との関係を、図 7 及び図 8 にプロットして示す。図 7 及び図 8 から明らかのように、周波数 40 MHz の高周波電源を使用した場合及び周波数 100 MHz の高周波電源を使用した場合のいずれにあっても、円筒状基体 106 が配された 358 mm 以上の範囲にわたって、プラズマ密度は、ほぼ均一であることが判る。しかしながら、周波数 40 MHz と周波数 100 MHz とではプラズマ密度の値については、周波数 100 MHz を使用した場合のほうが大きいことが判る。以上のことから、以下のことが判明した。即ち、高周波電源の周波数を 100 MHz とした場合であっても、カソード電極を円筒状基体の軸方向に複数に分割することにより、該軸方向についてのプラズマ密度を均一化することができる。

【0028】(実験-5) 上述の実験-4 の結果に鑑みて、カソード電極を円筒状基体の軸方向に複数に分割したプラズマ CVD 装置を使用して、電子写真感光体を作製し、得られた電子写真感光体について特性を調べた。本実験では図 9 に示したプラズマ CVD 装置を使用した。図 9 に示したプラズマ処理装置は、図 6 に示したプラズマ処理装置からプラズマ密度測定用のプローブ 130 とシールフランジ 131 を取り除いたものである。本実験では、図 9 に示したプラズマ処理装置に接続する高周波電源の周波数を、種々変化させるとともに、高周波電源 111 で発生した高周波電力を高周波電力分配器 120 により 3 分割し、整合回路 109A、109B、109C を介して、カソード電極 109A、109B、109C に供給して成膜を行った。具体的には、実験-1 で作製した試料 2a、2b 乃至 9a、9b の作製条件と同様の条件で電子写真感光体試料の作製を行ない、試料 22a、22b 乃至 29a、29b を得た。これに加えて、周波数 350 MHz の高周波電源を使用した以外の成膜条件を他の試料と同一とし、基体を回転させたものとして 30a、及び基体を回転させなかつたものとして 30b を得た。これら試料について実験-1 と同様の評価を行った。得られた結果について第 5 表にまとめて示す。なお、周波数 350 MHz の高周波電源を使用した試料 30a 及び 30b の成膜においては、時々、異常放電が生じ安定した成膜は行い得なかった。

【0029】第 5 表に示した結果から以下のことが判明

50

した。即ち、(i) カソード電極を円筒状基体の軸方向に複数に分割し、該分割されたカソード電極のそれぞれに電力を供給して成膜を行なうと、周波数 60 MHz 以上の高周波電源を使用した場合であっても、円筒状基体の軸方向の膜厚ムラを低く抑えることができる；(ii) 円筒状基体を回転させながら成膜を行ない、周波数 60 MHz 以上 300 MHz 以下の高周波電源を使用した場合には、40 μm 以上の大きな成膜速度で、電子写真特性に優れた堆積膜を形成することができる；(iii) 円筒状基体を回転させながら成膜を行うと周波数 200 MHz の高周波電源を使用した場合に成膜速度は最大となり、更に周波数を上げると成膜速度が低下するのと共に、膜厚ムラも大きくなる；(iv) 円筒状基体を回転させずに成膜を行なうと周波数 60 MHz 以上の高周波電源を使用した場合には、円筒状基体の周方向の膜厚ムラが大きなものとなり、電子写真特性に優れた堆積膜を形成することはできない。

【0030】(実験-6) 上述の実験-5 より、周波数 60 MHz 以上の高周波電源を使用し、円筒状基体を回転させながら成膜を行うことで電子写真特性に優れた堆積膜を形成することができる事が判明したが、本実験では円筒状基体を回転させない場合であっても、電子写真特性に優れた堆積膜の形成が可能であるか否かについて検討を行った。本実験では上述の実験-2 で得られたカソード電極への電力の供給を複数の点より行った場合に、円筒状基体の周方向の膜厚ムラが低く抑えられるとの知見に鑑み、カソード電極を円筒状基体の軸方向に複数に分割するとともに、該分割されたカソード電極のそれぞれに複数の点より電力の供給を行うプラズマ処理装置を作製し成膜を行った。本実験で使用したプラズマ処理装置は、図 10 に示す構成のものであり、この装置は図 9 に示した装置を一部改造したものである。図 10 に示したプラズマ処理装置は、整合回路 109A、109B、109C より、カソード電極 109A、109B、109C のそれぞれ電力を供給する高周波電力供給線 118A、118B、118C を、それぞれ 118A、118a、118B、118b、118C、118c に分岐させ、それぞれのカソード電極に 2 箇所の点より電力の供給を行い得るようにした以外は図 9 に示す装置と同じ構成である。なお、高周波電力供給線 118A とカソード電極 103A との接点及び高周波電力供給線 118a とカソード電極 103A との接点は、円筒状基体 106 を中心として対称となる位置に設けた。他の電力供給線と他のカソード電極についてもこれと同様とした。本実験では、図 10 に示したプラズマ処理装置を使用して、実験-1 で作製した試料 2a、2b 乃至 9a、9b の作製条件と同様の条件で電子写真感光体試料の作製を行ない、試料 32a、32b 乃至 39a、39b を得た。これに加えて、周波数 350 MHz の高周波電源を使用した以外の成膜条件を他の試料と同一とし、基体を

回転させたものとして 40 a、及び基体を回転させなかったものとして 40 b を得た。これら試料について実験-1 と同様の評価を行った。得られた結果について第6表にまとめて示す。

【0031】第6表に示された結果より以下のことが判明した。即ち、(i) カソード電極を円筒状基体の軸方向に複数に分割するとともに、該分割されたカソード電極のそれぞれに、複数の点より電力の供給を行ないながら成膜を行うことで、円筒状基体を回転させない場合であっても円筒状基体の周方向の膜厚ムラを低く抑えることができる；(ii) 基体を回転させない場合であっても、周波数 60 MHz 以上 300 MHz 以下の高周波電源を使用することで、40 μm 以上の大きな成膜速度で、且つ電子写真特性に優れた堆積膜を形成することができる；(iii) 周波数が 300 MHz を越えると軸方向の膜厚ムラは増加し、それに伴い得られる電子写真感光体の電子写真特性は悪化する；(iv) 成膜速度と電子写真特性の観点から周波数の領域を検討すると好ましい周波数領域は、100 MHz ~ 250 MHz、最適には 100 MHz ~ 200 MHz の範囲である。

【0032】(実験-7) 上述の実験-4 乃至実験-6 より、カソード電極を円筒状基体の軸方向に複数に分割し、該分割されたカソード電極のそれぞれに電力を供給して成膜を行なうと、周波数 60 MHz 以上の高周波電源を使用した場合であっても、円筒状基体の軸方向の膜厚ムラを低く抑えることができ、電子写真特性に優れた堆積膜を高成膜速度で形成できることが確認された。本実験ではカソード電極を分割するのに、如何に分割するのが好ましいかについて検討した。本実験では、まず、一般的に多く使用されている周波数 13.56 MHz の高周波電源を用いて、この周波数の電源を使用するとカソード電極が如何なる長さまで、円筒状基体とカソード電極との間に均一なプラズマ密度が得られるかについて検討した。具体的には図3に示したプラズマ密度測定用のプラズマ処理装置を以下の2つの場合に対応する装置に変更し、円筒状基体 106 とカソード電極 103 で囲まれた領域のプラズマ密度を測定した。

(1) 長さ 800 mm、内径 208 mm のカソード電極 103 及び長さ 800 mm、直径 108 mm の A1 製円筒状基体を用いる場合；及び (2) 長さ 1000 mm、内径 208 mm のカソード電極 103 及び長さ 1000 mm、直径 108 mm の A1 製円筒状基体を用いる場合。

【0033】上記 (1) 及び (2) の場合のそれぞれについて、周波数 13.56 MHz の高周波電源を使用し、上記大きさのカソード電極及び円筒状基体に対応したプラズマ密度測定用プローブを使用した以外、実験-3 で述べたのと同様にして、円筒状基体の軸方向についてのプラズマ密度を測定した。上記 (1) の場合に得られた結果を図11に、そして上記 (2) のばあいに得ら

れた結果を図12にそれぞれグラフ化して示す。図11 及び図12に示された結果より、次のことが判明した。即ち、カソード電極の長さが 800 mm までは、該カソード電極の長手方向の全域にわたって、均一なプラズマ密度が得られているのに対し、カソード電極の長さを 1000 mm とすると、電極の中央部付近で、プラズマ密度が低くなり、均一なプラズマ密度が得られていない。そこで、カソード電極の長さ 800 mm を基準として以下の考察を行った。

【0034】カソード電極が、半径 a、長さ l の円筒状電極である場合、インダクタンス L は、次式で示される。

$$L = \mu_0 / 2\pi \times [1 + \ln \{ \{ 1 + (a^2 + l^2)^{1/2} \} / a \} - \{ (a^2 + l^2)^{1/2} \} - a]$$

(ここで、 $\mu_0$  は真空の透磁率である)

この式を用いて、直径が 208 mm のカソード電極について、カソード電極長に対する各周波数のインピーダンス Z ( $Z = \omega L$ ) を求めた。周波数 13.56 MHz、カソード電極長 800 mm の場合のインピーダンスを 1.0 として周波数とカソード長を変化させた場合のインピーダンスの比をグラフ化して図13に示す。図13 より、インピーダンスの比が 1.0 以下となるのは、次の場合であることが判った。

#### 【0035】

周波数 60 MHz : 電極長 0.33 m 以下

周波数 100 MHz : 電極長 0.25 m 以下

周波数 200 MHz : 電極長 0.17 m 以下

周波数 300 MHz : 電極長 0.14 m 以下

【0036】従って、使用する高周波電源の周波数に応じて、分割されたカソード電極の長さを上述の範囲とすれば、円筒状基体とカソード電極との間にプラズマ密度の均一なプラズマを形成できることが判明した。

【0037】本発明は、上述の実験-1 乃至実験-6 の結果を介して完成に至ったものである。本発明は、VHF プラズマ CVD 法と該プラズマ CVD 法を実施するに適したプラズマ CVD 装置を包含する。本発明の VHF プラズマ CVD 法は次の2つの態様を包含する。即ち、本発明の第1の方法態様は、減圧下の反応容器内に堆積膜形成用の原料ガスを供給し、前記反応容器内に配される回転可能な円筒状基体の周囲に設けられたカソード電極に VHF 帯高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成する VHF プラズマ CVD 法であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割されており、該分割されたカソード電極のそれぞれに前記高周波電力供給手段を介して周波数 60 MHz ~ 300 MHz の範囲の超短波エネルギーを供給して前記反応容器内にプラズマを生起させ前記円筒状基体上に堆積膜を形成することを特徴と

するものである。

【0038】本発明の第2の方法態様は、減圧下の反応容器内に堆積膜形成用の原料ガスを供給し、前記反応容器内に配される回転可能な円筒状基体の周囲に設けられたカソード電極にVHF帯高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するVHFプラズマCVD法であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割されており、該分割されたカソード電極のそれぞれが独立して高周波電力供給手段に接続する複数の接続点を有し、それら複数の接続点を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給して前記反応容器内にプラズマを生起させ前記円筒状基体上に堆積膜を形成することを特徴とするものである。本発明のプラズマCVD装置は、以下の2つの態様を包含する。即ち、第1の装置態様は、減圧できる反応容器、該反応容器内に堆積膜形成用の原料ガスを供給する原料ガス供給手段、前記反応容器内に配された回転可能な基体保持手段、前記基体保持手段に配される円筒状基体をとり囲むように設けられたカソード電極及びVHF帯高周波電源を有し、前記VHF帯高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して前記カソード電極に供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するプラズマCVD装置であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割され、該分割された各カソード電極のそれぞれに前記高周波電力供給手段を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを供給するようにしたことを特徴とするものである。

【0039】第2の装置態様は、減圧できる反応容器、該反応容器内に堆積膜形成用の原料ガスを供給する原料ガス供給手段、前記反応容器内に配された基体保持手段、前記基体保持手段に配される円筒状基体をとり囲むように設けられたカソード電極及びVHF帯高周波電源を有し、前記VHF帯高周波電源で発生させた高周波電力を高周波電力供給手段を介して前記カソード電極に供給し、前記円筒状基体と前記カソード電極との間にプラズマを発生させて前記円筒状基体表面上に堆積膜を形成するプラズマCVD装置であって、前記カソード電極は、前記円筒状基体の軸方向に関して電気的に複数に分割され、該分割された各カソード電極のそれぞれが独立して高周波電力供給手段に電気的に接続する複数の接続点を有し、それら複数の接続点を介して周波数60MHz～300MHzの範囲の超短波エネルギーを各カソード電極に供給するようにしたことを特徴とするものである。

【0040】上述した構成の本発明のプラズマCVD法

及びプラズマCVD装置によれば、円筒状基体の表面上に該円筒状基体の軸方向、及び周方向のいずれの方向に関しても、極めて膜厚が均一で膜質が高品質な堆積膜を安定して形成することができる。そして特に電子写真特性に優れた堆積膜を安定して形成することができる。更には、高周波電源の周波数増加に伴う高周波電力の損失を防止し、効率的にプラズマを生起し得るので堆積膜を高速度で形成することができる。

【0041】以下、図面を参照しながら本発明を説明する。図9に示したプラズマCVD装置は本発明装置の第1態様の1例を示すものである。図9に示したプラズマCVD装置は次のように構成されている。図9において、100は反応容器を示す。反応容器100は、ベースプレート101と、絶縁部材102A、カソード電極103C、絶縁部材121B、カソード電極103B、絶縁部材121A、カソード電極103A、絶縁部材102B及び上蓋115から構成されている。105Aは基体ホルダーであり、該基体ホルダーは内部にヒーター支柱105A'を有している。105A'は、ヒーター支柱105A'に取りつけられた基体加熱用ヒーターである。106は、基体ホルダー105A上に配設された円筒状基体である。105Bは円筒状基体106の補助保持部材である。基体ホルダー105Aは、その底部にモーターに連結した回転機構(図示せず)を備えていて、必要により回転できるようにされている。107は、排気バルブを備えた排気パイプであり、該排気パイプは、真空ポンプを備えた排気機構107'に連通している。108は、ガスボンベ、マスフローコントローラー、バルブ等で構成された原料ガス供給系である。原料ガス供給系108は、ガス供給パイプ117を介して複数のガス放出孔を備えたガス放出パイプ116と接続している。原料ガスはガス放出パイプ116の複数のガス放出孔を介して反応容器内に供給される。111は高周波電源であり、ここで発生した高周波電力は高周波電力供給線118及び整合回路109を介してカソード電極103に供給される。図9に示したプラズマCVD装置においては、カソード電極が円筒状基体の軸方向に103A、103B、103Cの3つに電気的に分割されて構成されている。高周波電源111で発生した高周波電力は、高周波電力分割手段120により3分割され、整合回路109A、109B、109Cを介して、カソード電極109A、109B、109Cに供給される。104はシールド壁である。

【0042】本発明のプラズマCVD装置において、円筒状カソード電極を電気的に複数に分割する分割長さは、カソード電極の径、使用する高周波電源の周波数によって異なる。例えば電極の内径が208mmの場合、分割されたカソードの長さは、周波数60MHzでは330mm以下、周波数100MHzでは250mm以下、周波数200MHzでは170mm以下、周波数3

0 0 M H z では 1 4 0 m m 以下とするのが望ましい。電極の分割個数は円筒状基体の大きさによって異なるが、内径 2 0 8 m m 、長さ 3 5 8 m m の円筒状基体を用いる場合、周波数周波数 6 0 M H z では 2 分割以上、周波数 1 0 0 M H z では 2 分割以上、周波数 2 0 0 M H z では 3 分割以上、周波数 3 0 0 M H z では 3 分割以上が望ましい。前記円筒状基体を複数個重ねて堆積膜を形成する場合には、重ねた基体の全長を、上述の分割されたカソードの長さの最大値で割った値を小数点第 1 位にて切り上げ、整数値とした値以上の分割数とするのが望ましい。図 9 に示したプラズマ C V D 装置においては、高周波電源 1 1 1 で発生させた高周波電力を電力分配器 1 2 0 により分配して、カソード電極に供給するが、図 1 4 に示されるように、電力分配器を設けずに複数の高周波電源 1 1 1 A 、 1 1 1 B 、 1 1 1 C を設けることも可能である。

【 0 0 4 3 】 図 1 0 は、本発明のプラズマ C V D 装置の第 2 の態様の 1 例を示すものである。図 1 0 に示したプラズマ C V D 装置は、整合回路 1 0 9 A 、 1 0 9 B 、 1 0 9 C より、カソード電極 1 0 9 A 、 1 0 9 B 、 1 0 9 C にそれぞれ電力を供給する高周波電力供給線 1 1 8 A 、 1 1 8 B 、 1 1 8 C を、それぞれ 1 1 8 A 、 1 1 8 a 、 1 1 8 B 、 1 1 8 b 、 1 1 8 C 、 1 1 8 c に分岐させ、それぞれのカソード電極に 2 箇所の点より電力が供給されるように構成した以外は図 9 に示す装置と同じ構成である。図 1 0 に示したプラズマ C V D 装置を X - X の位置で切断した断面図が図 1 5 である。図 1 5 においては電力分配器を省略したが整合回路 1 0 9 A を経た後、分岐した電力供給線 1 1 8 A 及び電力供給線 1 1 8 a は、それぞれ 1 5 0 A 、 1 5 0 a でカソード電極 1 0 3 A に接続している。カソード電極への接続点は図 1 6 に示すように、 1 5 0 D 、 1 5 0 E 、 1 5 0 F の 3 点とすることもできるし、図 1 7 に示すように、 1 5 0 D 、 1 5 0 E 、 1 5 0 F 、 1 5 0 G の 4 点とすることもできる。接続点数については、 2 点以上が望ましく、使用するカソード電極の径に応じて適宜増やすのが望ましい。接続点は、カソード電極を中心として互いに点対称の位置に設けるのが望ましい。

【 0 0 4 4 】 本発明のプラズマ C V D 法は次のようにして行われる。図 9 に示したプラズマ C V D 装置を使用した例について説明する。円筒状基体 1 0 6 を基体ホルダ - 1 0 5 A にセットした後、反応容器 1 0 0 内を排気機構 1 0 7 を作動させて排気し、反応容器 1 0 0 内を所望の圧力に減圧する。ついで、ヒーター 1 0 5 A に通電して基体 1 0 6 を所望の温度に加熱保持する。次に、原料ガス供給系 1 0 8 からガス供給パイプ 1 1 7 及びガス放出パイプ 1 1 6 を介して、原料ガスを反応容器 1 0 0 内に導入し、該反応容器内を所望の圧力に調整する。こうしたところで、高周波電源 1 1 1 により周波数 6 0 M H z 乃至 3 0 0 M H z の高周波を発生させ、高周波電

10

20

20

30

30

40

50

力を高周波電力分配器 1 2 0 で分割し、整合回路 1 0 9 A 、 1 0 9 B 、 1 0 9 C を介して、それぞれカソード電極 1 0 3 A 、 1 0 3 B 、 1 0 3 C に供給する。かくして円筒状基体 1 0 6 とカソード電極で囲まれた空間において、原料ガスは高周波エネルギーにより分解され活性種を生起し、円筒状基体 1 0 6 上に堆積膜の形成をもたらす。

【 0 0 4 5 】 本発明において分割されたそれぞれのカソード電極に供給する電力は、それぞれのカソード電極について、電極の単位面積あたりの電力量が等しくなるようになるのが望ましいが、単位面積あたりの電力量を異ならせるることもできる。具体的な電力は、プラズマを生起できる電力であればいずれの電力でも採用できるが、好ましくは  $0.001 \text{ W/cm}^2 \sim 10 \text{ W/cm}^2$  、より好ましくは  $0.01 \text{ W/cm}^2 \sim 5 \text{ W/cm}^2$  とするのが望ましい。

【 0 0 4 6 】 本発明において、高周波電源の周波数は、好ましくは 6 0 M H z  $\sim$  3 0 0 M H z 、より好ましくは 1 0 0 M H z  $\sim$  2 5 0 M H z 、最適には 1 0 0 M H z  $\sim$  2 0 0 M H z の範囲とするのが、成膜速度及び膜質を考慮すると望ましい。

【 0 0 4 7 】 本発明の方法を実施するに際して、使用するガスについては、公知の物を適宜選択し得る。例えば、 a - S i 系の機能性堆積膜を形成する場合であれば、シラン、ジシラン、高次シラン等あるいはそれらの混合ガスが好ましい原料ガスとして挙げらる。他の機能性堆積膜を形成する場合であれば、例えば、ゲルマン、メタン、エチレン等の原料ガスまたはそれらの混合ガスが挙げられる。

【 0 0 4 8 】 キャリアーガスを用いて原料ガスを供給する場合に使用するキャリアーガスとしては、水素あるいは、アルゴン、ヘリウム等の不活性ガスが挙げられる。

【 0 0 4 9 】 堆積膜のバンドギャップ幅を変化させる等の特性改善用ガスとしては、例えば、窒素、アンモニア等の窒素原子を含むガス、酸素、酸化窒素、酸化二窒素等の酸素原子を含むガス、メタン、エタン、エチレン、アセチレン、プロパン等の炭化水素ガス、四フッ化珪素、六フッ化二珪素、四フッ化ゲルマニウム等のガス状フッ素化合物またはこれらの混合ガス等が挙げられる。

【 0 0 5 0 】 ドーピングを目的としたドーパントガスとしては、例えば、ジボラン、フッ化ホウ素、ホスフィン、フッ化リン等が挙げられる。

【 0 0 5 1 】 成膜時の反応容器内圧力は、プラズマ生成がなされる圧力であれば、いずれの圧力でもよいが、 a - S i 膜を形成する場合には、好ましくは 5 T o r r 以下、より好ましくは  $0.1 \text{ mTorr} \sim 3 \text{ Torr}$  、最適には  $0.3 \text{ mTorr} \sim 500 \text{ mTorr}$  とするのが望ましい。

【 0 0 5 2 】 堆積膜形成時の基体温度は、適宜設定できるが、アモルファスシリコン系の堆積膜を形成する場合

には、好ましくは20℃～500℃、より好ましくは50℃～450℃とするのが望ましい。

【0053】

【実施例】以下に具体的に実施例を挙げて本発明を詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。

【0054】(実施例1) 図9に示した装置の高周波電源111として周波数100MHzの電源を接続した装置を使用し、上述した実験-5におけると同様の成膜手順で第7表に示した条件下で成膜を行って、基体上にアモルファスシリコン膜を堆積させ、電子写真感光体を作製した。

【0055】基体106として、直径108mm、長さ358mmのA1製円筒状基体を用いた。成膜は次のように行った。即ち、A1製円筒状基体106を基体ホルダー105Aにセットした後、反応容器100内を排気機構107'を用いて排気し、反応容器100内を $1 \times 10^{-6}$ Torrの圧力に調整した。ついで、基体106を回転させると共に、ヒーター105A'に通電して基体106を250℃の温度に加熱保持した。次に、原料ガス供給系108からガス供給パイプ117及びガス放出パイプ116を介して、第7表に示す条件でガスを反応容器内に導入し、該反応容器内を50mTorrの圧力に調整した。こうしたところで、高周波電源111により高周波を発生させ、第7表に示したように高周波電力をそれぞれのカソード電極に供給した。このようにして電荷注入阻止層、次いで光導電層及び表面保護層からなる光受容層を総計約30分で形成し、電子写真感光体を作製した。この成膜操作を繰り返し行って5個の電子写真感光体を得た。得られた感光体のそれぞれについて実験-1と同様に帶電能、画像濃度について評価した。のことからいずれの電子写真感光体も電子写真特性に優れたものであることが判った。

【0056】(比較例1) 図9に示した装置に代えて、カソード電極を直径208mm、長さ400mmの単体で構成した図1の装置を装置を用い、電荷注入阻止層の形成時から800Wの電力を1箇所から投入し、光導電層の形成時1000Wの電力を1箇所から投入した以外は実施例1におけると同様にして成膜を行って、5個の電子写真感光体を作製した。得られたそれぞれの感光体について実験-1と同様の評価を行った。その結果、いずれの電子写真感光体もかなりの帶電能むらと画像むらを生じ、実用に供せられるものではないことが判った。

【0057】(実施例2) 図9に示した装置に代えてカソード電極103A、103B、103Cのそれぞれへの電力供給を、それぞれ2つの接続点より行う図10に示した装置を使用した以外実施例1と同様にして、5個の電子写真感光体を作製した。得られた感光体のそれぞれについて実験-1と同様の評価を行った。その結果、いずれの電子写真感光体も全ての評価項目について優れ

た結果を示した。このことからいずれの電子写真感光体も電子写真特性に優れたものであることが判った。

【0058】(実施例3) 円筒状基体106を回転させない以外実施例2と同様にして、5個の電子写真感光体を作製した。得られた感光体のそれぞれについて実験-1と同様の評価を行った。その結果、いずれの電子写真感光体も全ての評価項目について優れた結果を示した。このことからいずれの電子写真感光体も電子写真特性に優れたものであることが判った。

【0059】(実施例4) 図18に示した装置を使用して実施例1と同様にして5個の電子写真感光体を作製した。図18に示した装置は、図9に示した装置とはカソード電極が103A及び103Bの2つに分割されている点で異なっている。ここではカソード電極103A及び103Bをそれぞれ直径208mm、長さ195mmで構成した。カソード電極103A及び103Bに等しい電力を(電荷注入阻止層及び表面保護層の形成時400W、光導電層形成時500W)を供給する以外実施例1と同様にして5個の電子写真感光体を作製した。得られた感光体のそれぞれについて実験-1と同様の評価を行った。その結果、いずれの電子写真感光体も全ての評価項目について優れた結果を示した。このことからいずれの電子写真感光体も電子写真特性に優れたものであることが判った。

【0060】(実施例5) 図19に示した装置を使用して実施例4と同様にして5個の電子写真感光体を作製した。図19に示した装置は、図18に示した装置とはカソード電極103A及び103Bにそれぞれ18A、118a及び118B、118bの2つの電力供給線から電力が供給される点で異なっている。また、当該位置においては電力供給線とカソード電極との接点が基体を中心として対称の位置にくるように設計されている。得られたそれぞれの感光体について実験-1と同様の評価を行った。その結果、いずれの電子写真感光体も全ての評価項目について優れた結果を示した。このことからいずれの電子写真感光体も電子写真特性に優れたものであることが判った。

【0061】(実施例6) 円筒状基体106を回転させない以外実施例5と同様にして、5個の電子写真感光体を作製した。得られた感光体のそれぞれについて実験-1と同様の評価を行った。その結果、いずれの電子写真感光体も全ての評価項目について優れた結果を示した。このことからいずれの電子写真感光体も電子写真特性に優れたものであることが判った。

【0062】(実施例7) 図20に示した装置を使用して実施例1と同様に電子写真感光体を作製した。図20に示した装置は、図9に示した装置とはカソード電極が103A、103B、103C及び103Dの4つに分割されている点で異なっていて、カソード電極103A、103B、103C及び103Dをそれぞれ直径2

0.8 mm、長さ 92.5 mm にされている。カソード電極 103A, 103B, 103C 及び 103D に等しい電力（電荷注入阻止層及び表面保護層形成時 200 W, 光導電層形成時 250 W）を供給する以外実施例 1 と同様にして 5 個の電子写真感光体を作製した。得られた感光体のそれぞれについて実験-1 と同様の評価を行った。その結果、いずれの電子写真感光体も全ての評価項目について優れた結果を示した。このことからいずれの電子写真感光体も電子写真特性に優れたものであることが判った。

【0063】（実施例 8）図 21 に示した装置を使用して実施例 7 と同様にして電子写真感光体を作製した。図 21 に示した装置は、図 20 に示した装置とはカソード電極 103A, 103B, 103C 及び 103D にそれぞれ 118A, 118a, 118B, 118b, 118C, 118c, 118D, 118d の 2 つの電力供給線

10

から電力が供給される点で異なっていて、電力供給線とカソード電極との接点が基体を中心として対称の位置にくるように構成されている。得られた感光体のそれぞれについて実験-1 と同様の評価を行った。その結果、いずれの電子写真感光体も全ての評価項目について優れた結果を示した。このことからいずれの電子写真感光体も電子写真特性に優れたものであることが判った。

【0064】（実施例 9）円筒状基体 106 を回転させない以外実施例 8 と同様にして、5 個の電子写真感光体を作製した。得られた感光体のそれぞれについて実験-1 と同様の評価を行った。その結果、いずれの電子写真感光体も全ての評価項目について優れた結果を示した。このことからいずれの電子写真感光体も電子写真特性に優れたものであることが判った。

【0065】

【表1】  
表

表面保護層	SiH <sub>4</sub>	100 sccm
	H <sub>2</sub>	100 sccm
	CH <sub>4</sub>	500 sccm
	投入電力	800 W
	反応圧力	50,500 mTorr
	膜厚	1 μm
光導電層	SiH <sub>4</sub>	500 sccm
	H <sub>2</sub>	300 sccm
	投入電力	1000 W
	反応圧力	50,500 mTorr
	膜厚	25 μm
電荷注入阻止層	SiH <sub>4</sub>	500 sccm
	H <sub>2</sub>	300 sccm
	NO	10 sccm
	B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2000 ppm
	投入電力	800 W
	反応圧力	50,500 mTorr
	膜厚	1 μm

【0066】

【表2】

第2表

試料No.	1a	2a,2b	3a,3b	4a,4b	5a,5b	6a,6b	7a,7b	8a,8b	9a,9b	10a
周波数 (MHz)	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56
反応圧力 (mTorr)	50	500	50	50	50	50	50	50	50	50

\*試料No. の a は基体を回転させたもの、b は基体を回転させなかつたもの

【0067】

【表3】

試料No.	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0
軸方向膜厚ムラ (%)	14	18	28	35	38	40	45	53	
周方向膜厚ムラ (%)	2	3	2	3	3	2	3	2	
帯電能	○	△	△	×	×	×	×	×	
画像濃度	○	○	△	×	×	×	×	×	
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	11	25	-	-	-	-	-	-	
試料No.	2b	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	
軸方向膜厚ムラ (%)	13	18	28	33	39	41	46	55	
周方向膜厚ムラ (%)	4	5	18	25	31	35	41	45	
帯電能	△	△	×	×	×	×	×	×	
画像濃度	△	△	×	×	×	×	×	×	
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	10	23	-	-	-	-	-	-	

\*試料No. の a は基体を回転させたもの、b は基体を回転させなかつたもの  
—は膜厚ムラが大きく、成膜速度を算出しなかつたもの

【0068】

【表4】

第 4 表

試料 No.	12a	13a	14a	15a	16a	17a	18a	19a
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0
軸方向膜厚ムラ (%)	12	18	26	31	34	36	40	47
周方向膜厚ムラ (%)	2	2	3	2	1	2	2	3
帶電能	○	△	△	×	×	×	×	×
画像濃度	○	○	△	×	×	×	×	×
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	10	26	-	-	-	-	-	-
試料 No.	12b	13b	14b	15b	16b	17b	18b	19b
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0
軸方向膜厚ムラ (%)	11	17	24	30	35	37	42	47
周方向膜厚ムラ (%)	3	3	2	2	2	3	3	2
帶電能	△	○	△	×	×	×	×	×
画像濃度	○	○	△	×	×	×	×	×
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	10	2.3	-	-	-	-	-	-

※試料 No. の a は基体を回転させたもの、b は基体を回転させなかつたもの

- は膜厚ムラが大きく、成膜速度を算出しなかつたもの

第 5 表

試料 No.	22a	23a	24a	25a	26a	27a	28a	29a	30a
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0
軸方向膜厚ムラ (%)	9	8	8	6	9	9	12	13	17
周方向膜厚ムラ (%)	2	1	2	2	1	2	3	4	6
帶電能	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	△	×
画像濃度	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	△	×
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	12	24	41	56	73	82	74	70	65
試料 No.	22b	23b	24b	25b	26b	27b	28b	29b	30b
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0
軸方向膜厚ムラ (%)	9	9	7	7	8	9	12	14	18
周方向膜厚ムラ (%)	4	6	15	26	30	34	43	48	52
帶電能	○	○	△	×	×	×	×	×	×
画像濃度	○	○	△	×	×	×	×	×	×
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	11	23	41	-	-	-	-	-	-

※試料 N o. の a は基体を回転させたもの、b は基体を回転させなかつたもの

—は膜厚ムラが大きく、成膜速度を算出しなかつたもの

第6表

試料No.	32a	33a	34a	35a	36a	37a	38a	39a	40a
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0
軸方向膜厚ムラ (%)	8	6	6	5	8	8	9	10	13
周方向膜厚ムラ (%)	1	1	1	1	2	1	2	2	2
帯電能	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	△
画像濃度	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	△
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	11	25	39	58	74	83	72	69	67
試料No.	32b	33b	34b	35b	36b	37b	38b	39b	40b
電源周波数 (MHz)	13.56	40.0	60.0	100.0	150.0	200.0	250.0	300.0	350.0
軸方向膜厚ムラ (%)	7	8	6	5	6	6	8	12	15
周方向膜厚ムラ (%)	2	2	2	1	2	2	3	2	2
帯電能	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	△
画像濃度	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	△
成膜速度 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	11	23	40	59	72	82	72	70	68

※試料No. の a は基体を回転させたもの、b は基体を回転させなかつもの

第 7 表

表面保護層	SiH <sub>4</sub>	100	sccm
	H <sub>2</sub>	100	sccm
	CH <sub>4</sub>	500	sccm
	投入電力		
	カソード103A	160	W
	カソード103B	480	W
	カソード103C	160	W
	反応圧力		
		50	mTorr
	膜厚	1	μm
光導電層	SiH <sub>4</sub>	500	sccm
	H <sub>2</sub>	300	sccm
	投入電力		
	カソード103A	200	W
	カソード103B	600	W
	カソード103C	200	W
	反応圧力		
		50	mTorr
	膜厚	25	μm
	電荷注入阻止層		
電荷注入阻止層	SiH <sub>4</sub>	500	sccm
	H <sub>2</sub>	300	sccm
	NO	10	sccm
	B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2000	ppm
	投入電力		
	カソード103A	160	W
	カソード103B	480	W
	カソード103C	160	W
	反応圧力		
	膜厚	1	μm

## 【0072】

【発明の効果】以上説明したとおり、本発明のプラズマCVD法及びプラズマCVD装置によれば、円筒状基体の表面上に該円筒状基体の軸方向、及び周方向のいずれの方向に関しても、極めて膜厚が均一で膜質が高品質な堆積膜を安定して形成することができる。そして特に電子写真特性に優れた堆積膜を安定して形成することができる。更には、高周波電源の周波数増加に伴う高周波電力の損失を防止し、効率的にプラズマを生起し得るので堆積膜を高速度で形成することができる。

## 【図面の簡単な説明】

40 【図1】従来のプラズマCVD装置を示す模式図である。

【図2】図1のプラズマCVD装置を実験用に一部改造したプラズマCVD装置を示す模式図である。

【図3】図1のプラズマCVD装置を実験用に一部改造したプラズマCVD装置を示す模式図である。

【図4】従来のプラズマCVD装置において40MHzの周波数の電力を使用した場合のプラズマ密度を円筒状基体の位置との関係で測定した結果のグラフである。

50 【図5】従来のプラズマCVD装置において100MHzの周波数の電力を使用した場合のプラズマ密度を円筒

状基体の位置との関係で測定した結果のグラフである。

【図 6】本発明に属するプラズマ CVD 装置（実験用）を示す模式図である。

【図 7】図 6 のプラズマ CVD 装置において 40 MHz の周波数の電力を使用した場合のプラズマ密度を円筒状基体の位置との関係で測定した結果のグラフである。

【図 8】図 6 のプラズマ CVD 装置において 100 MHz の周波数の電力を使用した場合のプラズマ密度を円筒状基体の位置との関係で測定した結果のグラフである。

【図 9】本発明のプラズマ CVD 装置の 1 例を示す模式図である。10

【図 10】本発明のプラズマ CVD 装置の 1 例を示す模式図である。

【図 11】図 1 の装置を 1 部変更したのプラズマ装置において 13.56 MHz の周波数の電力を使用した場合のプラズマ密度を円筒状基体の位置との関係で測定した結果のグラフである。

【図 12】プラズマ CVD 装置内のプラズマ密度を円筒状基体の位置に対してプロットしたグラフである。

【図 13】カソード電極の長さとインピーダンスの関係を種々の周波数の高周波電源を用いた場合について示したグラフである。

【図 14】本発明のプラズマ CVD 装置の 1 例を示す模式図である。

【図 15】本発明のプラズマ CVD 装置の 1 例を示す模式図である。

【図 16】本発明のプラズマ CVD 装置の 1 例を示す模式図である。

【図 17】本発明のプラズマ CVD 装置の 1 例を示す模式図である。

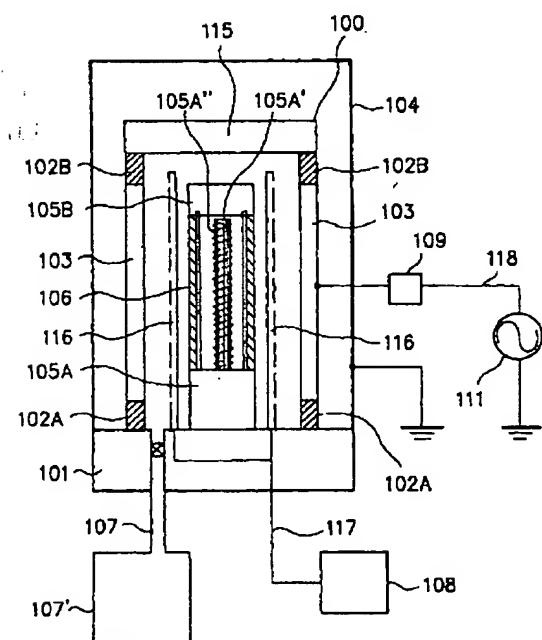
【図 18】本発明のプラズマ CVD 装置の 1 例を示す模式図である。

【図 19】本発明のプラズマ CVD 装置の 1 例を示す模式図である。

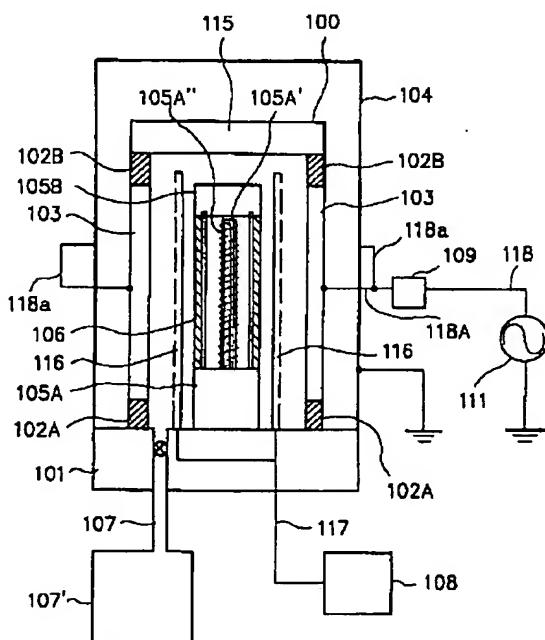
【図 20】本発明のプラズマ CVD 装置の 1 例を示す模式図である。

【図 21】本発明のプラズマ CVD 装置の 1 例を示す模式図である。

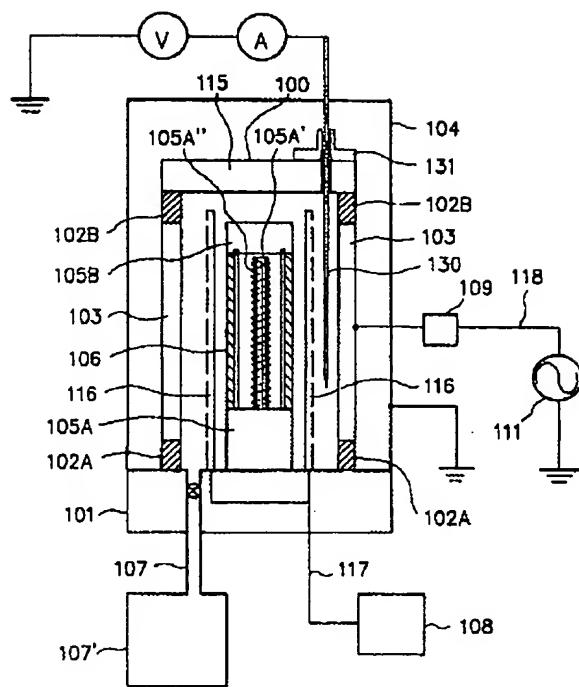
【図 1】



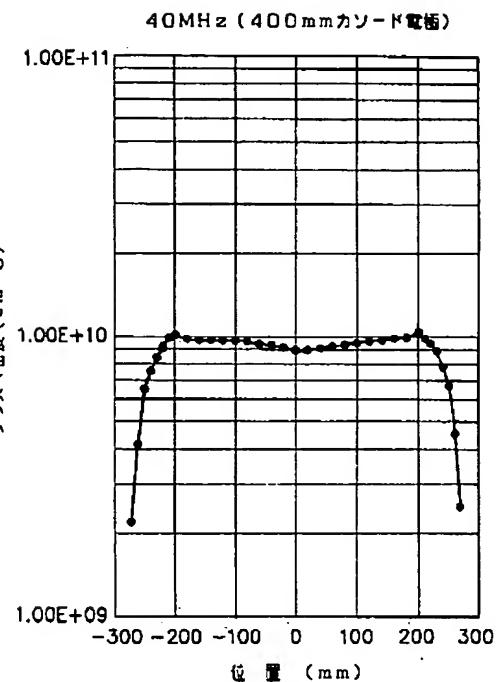
【図 2】



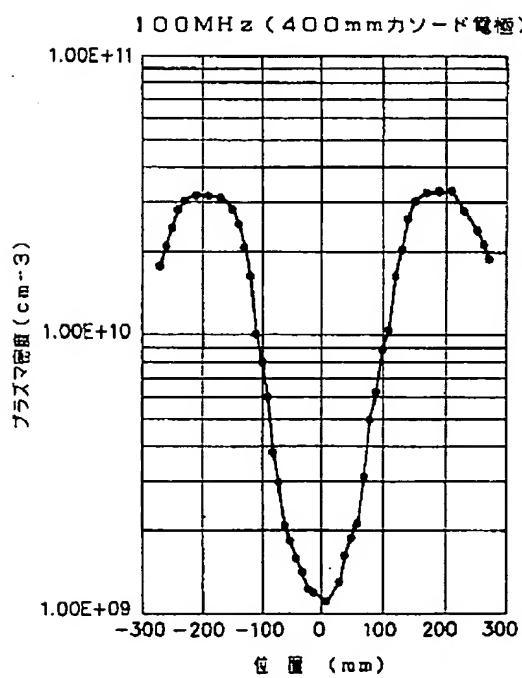
【図 3】



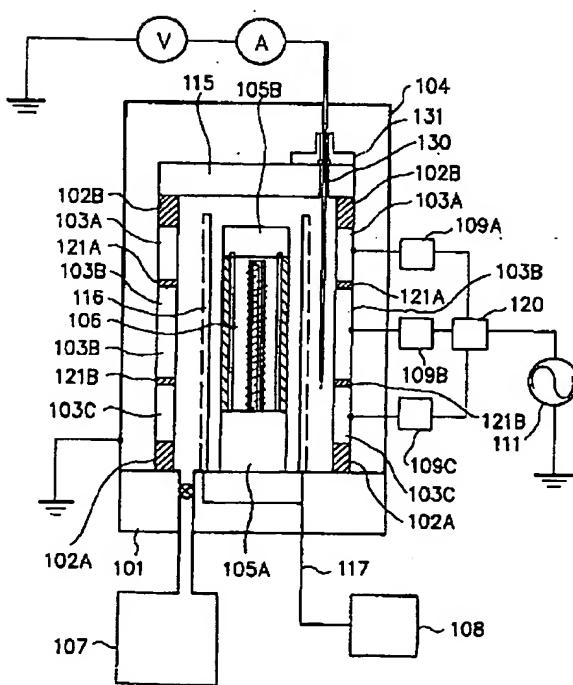
【図 4】



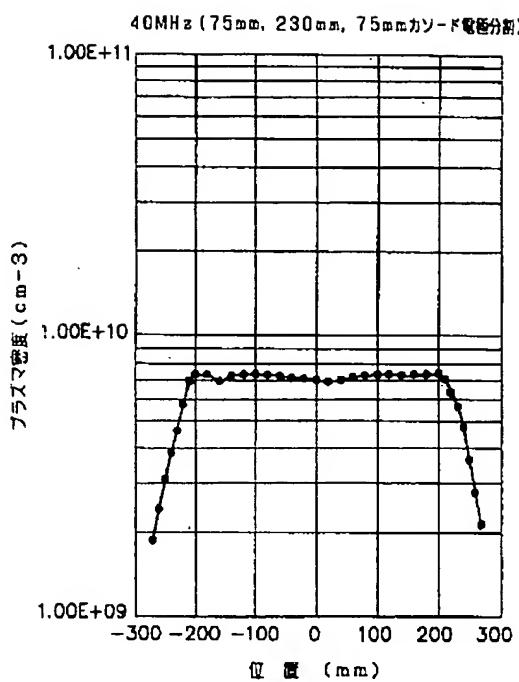
【図 5】



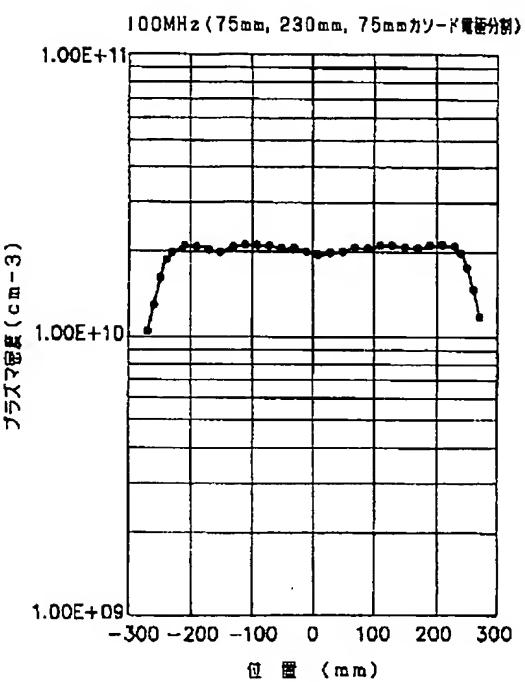
【図 6】



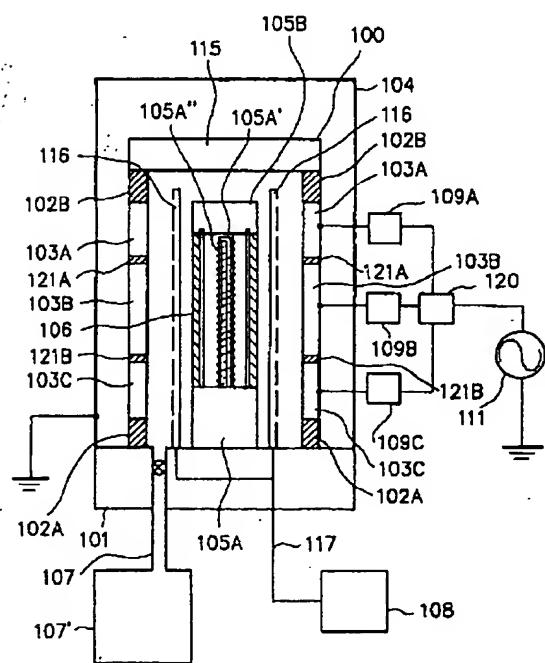
【図7】



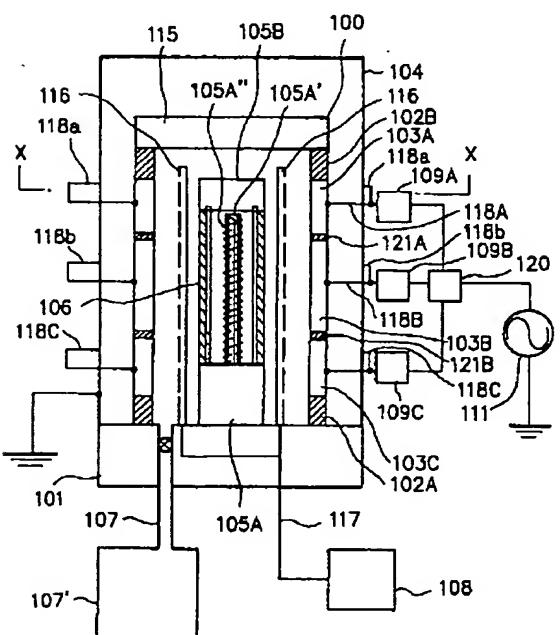
【図8】



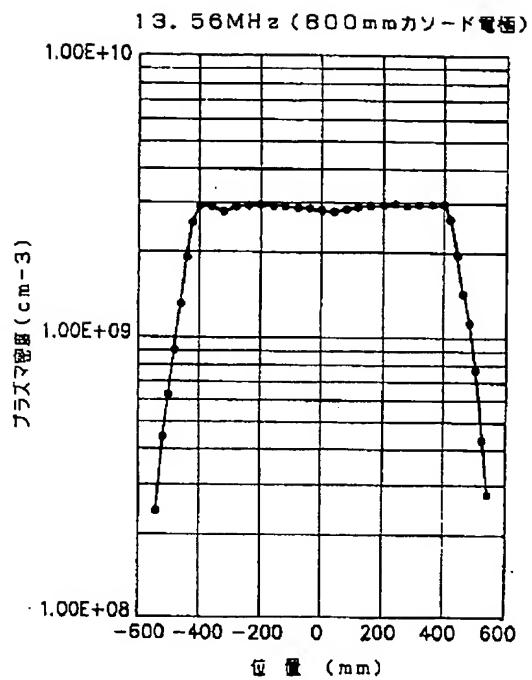
【图9】



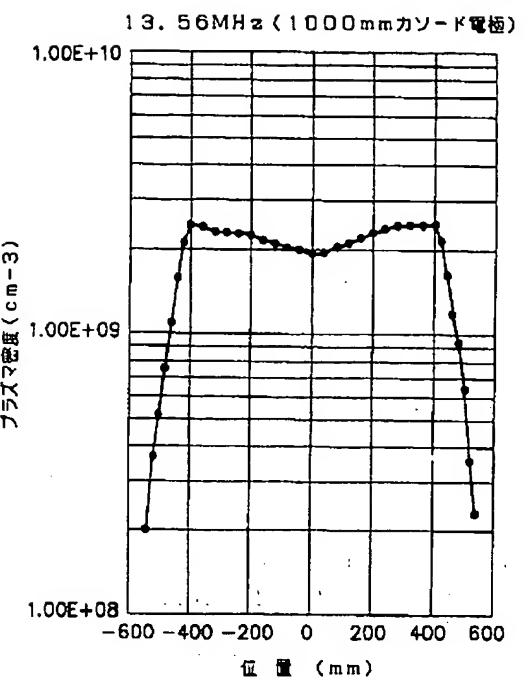
【図10】



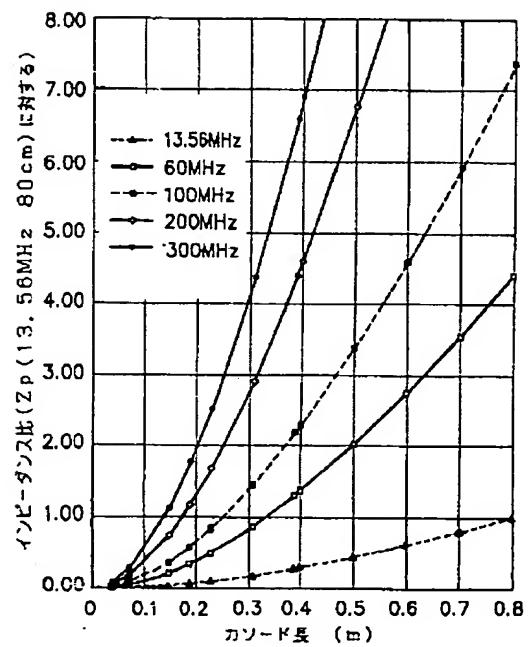
【図 1 1】



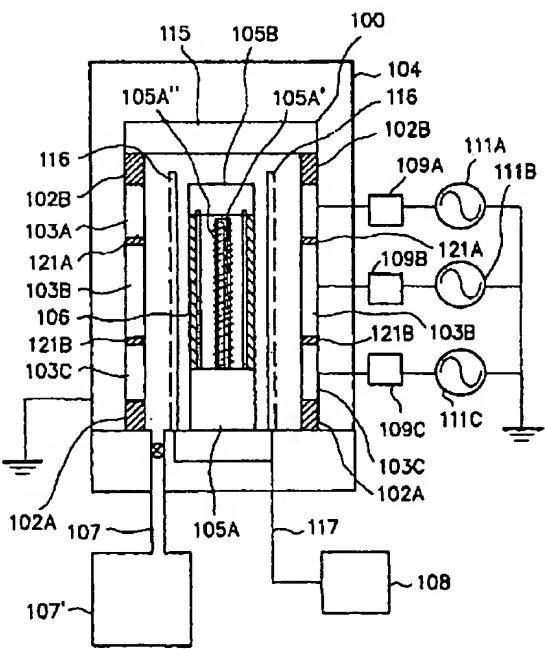
【図 1 2】



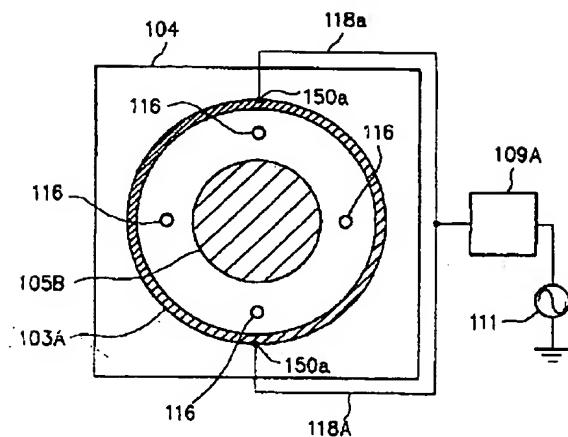
【図 1 3】



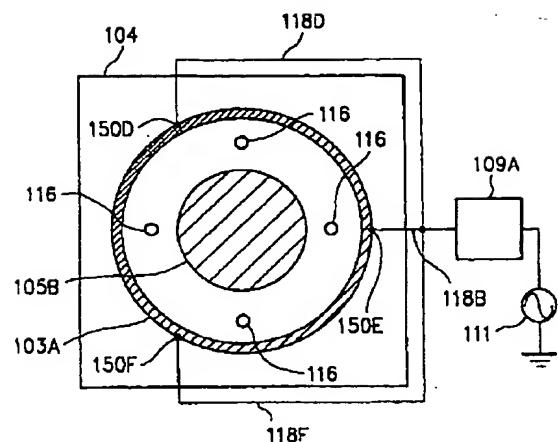
【図 1 4】



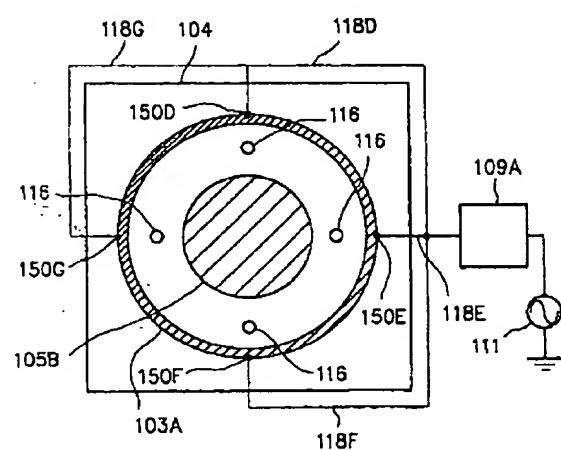
【図 1 5】



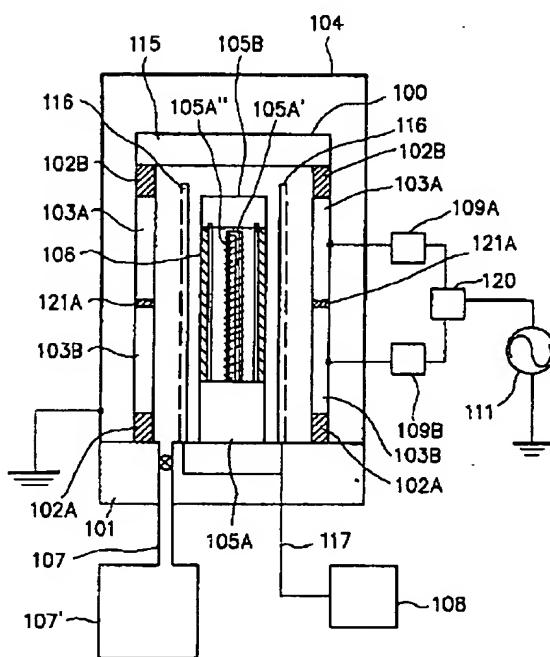
【図 1 6】



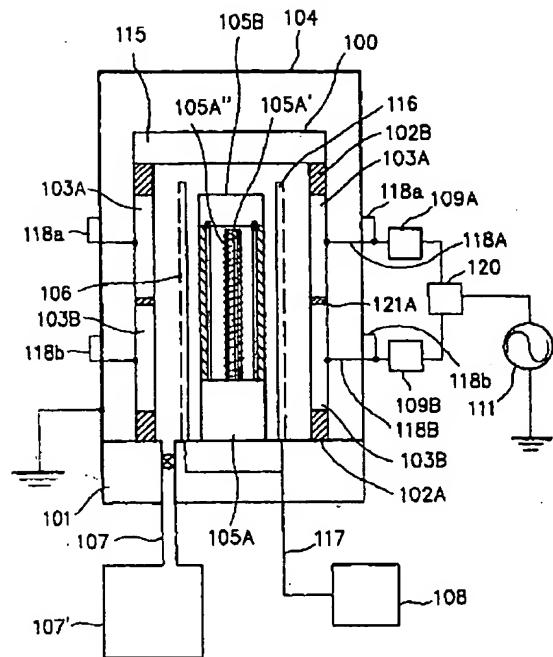
【図 1 7】



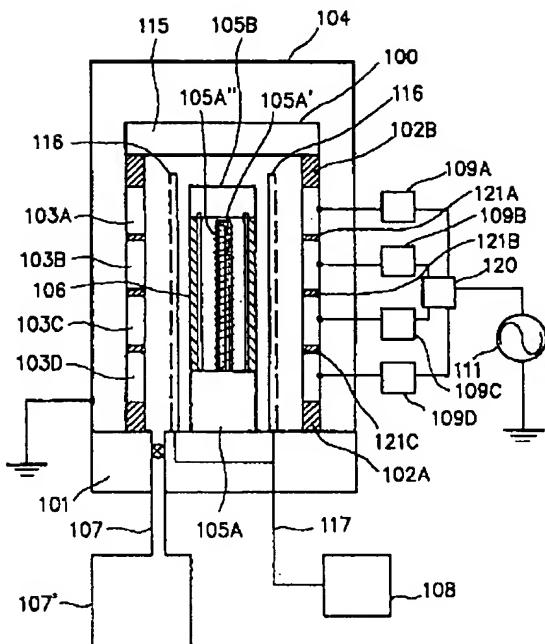
【図 1 8】



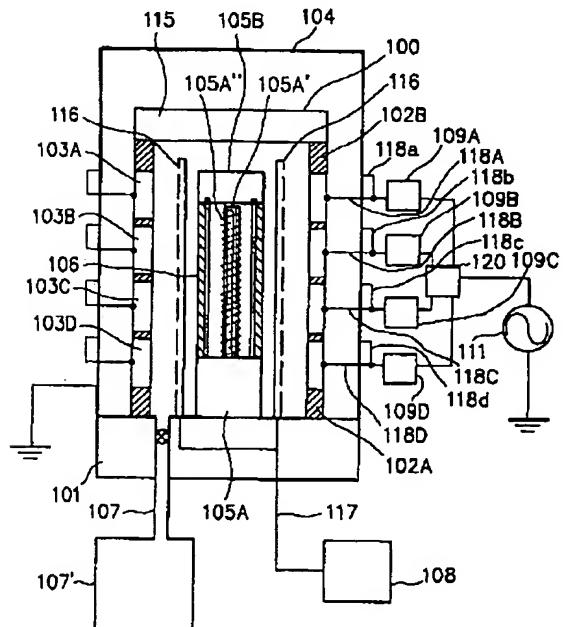
【図 19】



【図 20】



【図 21】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**